



Tielaitos

BELT Jouko, LÄMSÄ Veli Pekka, EHROLA Esko, ERNVALL Timo,
SEPPÄLÄ Hannu

Soratiestön runkokelirikko



Tielaitoksen
tutkimuksia

1/1999

Helsinki 1999

TIEHALLINTO
Tie- ja liikenneolojen
suunnittelu

Tielaitoksen tutkimuksia
1/1999

BELT Jouko, LÄMSÄ Veli Pekka, EHROLA Esko, ERNVALL Timo,
SEPPÄLÄ Hannu

Soratiestön runkokelirikko

Tielaitos
TIEHALLINTO

Helsinki 1999

ISSN 0788-3706
ISBN 951-726-546-8
TIEL 3100021

Oy Edita Ab
Helsinki 1999

Julkaisua myy:
Tielaitos, julkaisumyynti
Puhelin 0204 44 2053
Telefax 0204 44 2652
E-mail elsa.juntunen@tieh.fi



Tielaitos
TIEHALLINTO
Tie- ja liikenneolojen suunnittelu
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 44 150

Aiheluokka: 70

Asiasanat: soratie, kelirikko, vaurio, korjaustoimenpide, kustannus

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen päätavoitteena on ollut selvittää soratiestön runkokelirikon valtakunnallinen laajuus ja määrittää millaisilla toimenpiteillä runkokelirikon haitat voidaan poistaa ja mitkä ovat tällöin toimenpiteiden kustannukset. Tutkimuksen aluksi on tarkasteltu runkokelirikon laajuutta ja laatua sekä sen syntymiseen vaikuttavia ilmastotekijöitä. Tämän jälkeen on selvitetty runkokelirikon aiheuttamia liikkumis- ja kuljetushaittoja sekä runkokelirikkovaurioiden korjaamiseen tarvittavia toimenpiteitä, taloudellisia resursseja ja toimenpiteiden kohdentamista.

Tutkimuksen lähtökohtana ovat olleet soratieverkolla suoritettut runkokelirikon vaurioinventoinnit vuosilta 1996-1998. Inventointien perusteella runkokelirikkoa esiintyi vuonna 1996 2.8 %:lla (747 km), vuonna 1997 3.8 %:lla (1018 km) ja vuonna 1998 5.7 %:lla (1546 km) koko soratieverkosta. Vakavien vaurioiden osuus vaurioiden yhteispituudesta vuonna 1998 oli noin 5 %, liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden osuus 27 % ja lievien vaurioiden osuus 68 %. Keväällä 1998 runkokelirikko olikin sekä määrällisesti että vaikeudeltaan selvästi vaikein tarkastelussa mukana olleista kolmesta vuodesta.

Aikajaksolla 1967-1996 vallinneiden ilmasto-olosuhteiden mukaan kevään 1998 runkokelirikkotilanteeseen vaikuttaneet olosuhteet vastasivat keskimäärin kerran 5 vuodessa esiintyviä vaikeita olosuhteita. Kevään 1997 runkokelirikkotilanteeseen vaikuttaneet olosuhteet olivat tunnusomaiset keskimääräiselle eli ns. normaalin vuoden olosuhteille, kun ne keväällä 1996 vastasivat keskimäärin kerran 3 vuodessa esiintyviä helppoja olosuhteita. Olosuhteiden selittäjänä käytettiin kuudesta tarkastellusta ilmastotekijästä kuvaavimmaksi osoittautunutta soratien alkutalven routaantumisenopeutta, joka määriteltiin tien rungon alaosan ja alusrakenteen yläosan routaantumiseen kuluneena aikana. Mitä pitemmäksi routaantumisaika muodostuu (leuto alkutalvi) sitä otollisemmat olosuhteet ovat kevään vaikealle runkokelirikkotilanteelle.

Soratiestön runkokelirikkoiset vauriokohdat sijaitsevat eri vuosina hyvin huomattavassa määrin eri kohdissa, mistä syystä tässä tarkastelussa on määriteltä soratiestön runkokelirikon potentiaalisiksi laajuudeksi koko kolmivuotiskaksolla 1996-1998 esiintyneiden runkokelirikkovaurioiden määrä. Näin määriteltä potentiaalisten runkokelirikkovaurioiden laajuus on 1.5 -kertainen vuoden 1998 runkokelirikkovaurioiden määrään verrattuna. Eri vaurioluokissa runkokelirikkovaurioiden potentiaaliset laajuudet vaihtelevat siten, että vakavien vaurioiden määrä on 1.2 -kertainen, liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden määrä 1.4 -kertainen ja lievien vaurioiden määrä 1.6 -kertainen vuoden 1998 vauriomääriin verrattuna. Vakavien vaurioiden potentiaalinen pituus on tällöin lähes 100 km. Liikennettä tuntuvasti haittaavien ja lievien vaurioiden pituudet ovat vastaavasti runsas 570 km ja vajaa 1700 km.

Runkokelirikosta kuljetuksille ja liikkumiselle aiheutuvan haitan kohdentumista valtakunnallisesti ja tiepiirien kesken kuvataan ns. haittaindeksillä. Haittaindeksin perusteella vuonna 1998 haitta oli selvästi suurin Savo-Karjalan tiepiirissä. Seuraavaksi suurimmat haittaindeksit olivat Hämeen ja Oulun tiepiireissä. Myös Keski-Suomen ja Vaasan tiepiireissä runkokelirikosta johtuva

haitta oli hieman keskimääräistä suurempi, kun taas Kaakkois-Suomen, Lapin ja Turun tiepiireissä haitta oli selvästi koko maan keskimääräistä haittaa pienempi. Kelirikon arvioitiin puolestaan aiheuttaneen ajanjaksolla 1996-1998 liikennöinnille vuosittain keskimäärin 50 Mmk lisäkustannuksia, mistä kaksi kolmasosaa kohdistui raskaalle ja yksi kolmasosa henkilöautoliikenteelle.

Runkokelirikkovaurioiden korjauksessa on viime vuosina käytetty pääasiassa Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen mukaisia korjaustapoja. Muita menetelmiä on käytännössä ainoastaan kokeiltu. Korjauskohteissa toteutuneiden kustannusten perusteella voidaan arvioida, että inventointiohjeen mukaisen korjaustavan A (raskas toimenpide) keskimääräiset korjauskustannukset ovat noin 400 mk/jm, korjaustavan B (keskiraskas toimenpide) 245 mk/jm ja korjaustavan C (kevyt toimenpide) 100 mk/jm. Näitä kustannustietoja ja potentiaalisia vauriopituuksia käyttäen runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kokonaiskustannuksiksi koko maassa saadaan runsaat 350 Mmk, mistä vakavien vaurioiden osuus on vajaat 40 Mmk, liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden runsaat 140 Mmk ja lievien vaurioiden runsaat 170 Mmk.

Korjausten toteuttamisjärjestystä määritettäessä on otettava huomioon alueellinen runkokelirikkovaurioiden korjaustarve sekä korjaamisen tärkeysjärjestys, kustannukset ja hyödyt, jotta pystytään arvioimaan alueellisia rahoitustarpeita ja niiden vuosittaisia jaksotuksia. Runkokelirikkovaurioiden alueellisessa korjaustoiminnan priorisoinnissa lähtökohtana tulee olla mahdollisimman suuri hyöty/kustannus -suhde, alueellinen tasapuolisuus ja se, että yksilön yleinen turvallisuus ei vaarannu. Yksilön yleisen turvallisuuden takaamiseksi vakavat runkokelirikkovauriot tulisi korjata mahdollisimman pikaisesti kokonaisuudessaan, jottei pelastustoimen liikennöinti vaikeudu kohtuuttomasti. Tämän jälkeen kohdistamalla korjaustoiminta ensisijaisesti sinne, missä haittaindeksit ovat korkeimmat, runkokelirikkovaurioista johtuvat haitat eri tiepiireissä tasoittuvat ja luonnollisesti myös alenevat lähtötilanteeseen verrattuna.

Korjaustoiminnan hyötyjen rahallinen arvottaminen on selvästi kustannusten arviointia vaikeampi tehtävä. Kuitenkin voidaan yleisesti todeta, että runkokelirikkovaurioiden korjaaminen on taloudellisesti erittäin perusteltua, jo pelkästään verrattaessa kaikkien potentiaalisten runkokelirikkovaurioiden korjauskustannuksia (~350 Mmk) ja vuosittain kelirikosta liikennöinnille aiheutuvia noin 50 Mmk lisäkustannuksia.

BELT, Jouko, LÄMSÄ, Veli Pekka, EHROLA, Esko, ERNVALL, Timo, SEPPÄLÄ, Hannu:
Structural thaw weakening on gravel roads. Helsinki 1999. Finnish National Road
Administration, Tielaitoksen tutkimuksia 1/1999. 92 p. + app. 18 p, ISBN 951-726-546-8, ISSN
0788-3706, TIEL 3100021

Keywords: gravel road, thaw weakening, damage, repair method, cost

ABSTRACT

The main objective of this study was to find out the extent of structural thaw weakening in Finland, and to define the measures whereby the thaw weakening damages can be avoided, and to define the cost of such measures. Initially, the extent and quality of structural thaw weakening was studied as well as the climatic factors that contribute to the forming of structural thaw weakening. After this, the disadvantages for traffic and transportation caused by structural thaw weakening, and the measures required for repairing the damages, the economical resources and the focusing of the repair measures were studied.

The starting point for this study were the thaw weakening damage surveys made on the gravel road network during 1996-1998. According to these surveys structural thaw weakening was detected on 2.8 % (747 km) of the total gravel road network in 1996, on 3.8 % (1018 km) in 1997, and on 5.7 % (1546 km) in 1998. The proportion of serious damage (damage class 1) from the total length of the damage was approximately 5 % in 1998, the proportion of damages causing considerable disadvantage to traffic (damage class 2) was 27 %, and the proportion of slight damages (damage class 3) was 68 %. Concerning structural thaw weakening, the spring of 1998 was both quantitatively and qualitatively the most difficult time during the whole three year period.

When the climatic conditions recorded during the period between 1967 and 1996 are considered, the conditions affecting structural thaw weakening during spring 1998 corresponded with the difficult conditions that on the average occur every five years. The climatic conditions affecting structural thaw weakening during spring 1997 corresponded with the average conditions, or so called normal conditions, whereas the climatic conditions during spring 1996 had the characteristics of easy conditions that on the average occur once in three years. Six climatic factors were considered. The most descriptive of these turned out to be the rate of freezing during early winter, therefore, it was used as the determiner for the conditions. The rate of freezing was defined as the time elapsed for the freezing of the gravel road structure and the subgrade's top part. The longer the time elapsed for frost forming is (i.e. mild conditions in early winter), the more likely it is that the structural thaw weakening causes heavy damages in the following spring.

There are considerable differences each year as to the locations of the damages on the gravel road network. Because of this, the potential extent of structural thaw weakening was defined as the total length of damages on gravel road network during the three year period. According to this definition, the extent of potential damages was 1.5 times larger than the extent of damages in 1998. The potential extent of damages was distributed between different damage classes so that the number of serious damages was 1.2 times, the number of damages causing serious disadvantage to traffic was 1.4 times, and the number of slight damages 1.6 bigger than in 1998. The total length of serious damages was thus almost 100 km. The total length of damages causing serious disadvantage to traffic and slight damages was somewhat over 570 km and somewhat under 1700 km respectively.

Both the nationwide and interregional distribution of transportation and traffic disadvantage caused by the structural thaw weakening is characterised by the so called disadvantage index. According to this index, the disadvantage in 1998 was biggest in eastern region. Western and central regions of Finland were also slightly above the average as to the disadvantage index. In the regions of southeast, southwest and Lapland the disadvantage was clearly under the nationwide average. It was estimated that during the period 1996-1998 structural thaw weakening caused 50 million FIM extra costs yearly. Two thirds of this amount was directed to the heavy traffic and one third to the car traffic.

In recent years, the repair methods recommended by the Survey Instruction for Structural Thaw Weakening on Gravel Roads have been employed. Other methods have only been experimented in practice. According to the realised costs it can be estimated that the average costs of the repair methods defined by the survey instruction are the following; method A (heavy method) approximately 400 FIM/m, method B (intermediate method) 245 FIM/m, and method C (light method) 100 FIM/m. On the basis of this cost data and the potential extent of damage it can be calculated that the yearly amount of money spent on the repair of structural thaw weakening damages is in excess of 350 million FIM. The proportion of serious damage is slightly under 40 million FIM, the proportion of damages causing serious disadvantage to traffic is over 140 million FIM, and the proportion slight damages over 170 million FIM.

When defining implementation order of repairs, the regional need for repair and the order of importance, costs and benefits must be considered. Thereby, the regional funding (financing) needs and their annual perioding can be estimated. The main objectives in the prioritising of regional damage repairs should be as good cost/benefit-ratio as possible, regional equality and the general safety of the individual, which may not be endangered. In order to guarantee the safety of the individual, the serious damages caused by structural thaw weakening should be fully repaired as soon as possible. Otherwise, the effectiveness of rescue and emergency traffic may be seriously endangered. After that, the focusing of repairs to those areas where the disadvantage index is highest will balance the distribution of damages between the regions. Naturally, the number of disadvantages caused by structural thaw weakening will also be reduced when compared to the initial situation.

The monetary evaluation of advantage achieved by the repair measures is by far more difficult than the evaluation of costs. However, it is safe to say that the repairing of the damages caused by structural thaw weakening is economically justified; the comparison of repair cost caused by thaw weakening damages (approximately 350 million FIM) with the 50 million FIM extra cost to traffic is sufficient to justify the repairs.

ALKUSANAT

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan soratiestöllä esiintyvää runkokelirikkoa. Tutkimuksen lähtökohtana ovat olleet soratiestön runkokelirikkoinventoinnit vuosilta 1996-1998, joiden perusteella on selvitetty nykytilannetta soratiestöllä ja keskeisiä runkokelirikosta aiheutuvia haittoja. Tutkimuksessa on tarkasteltu myös korjaustoimenpiteitä, joilla haittoja voidaan vähentää ja toimenpiteistä seuraavien kustannusten jakaantumista pääasiassa valtakunnan tasolla.

Tutkimus on tehty Tielaitoksen tiehallinnon johtoryhmän toimeksiannosta Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratoriossa. Tielaitoksen puolesta Soratiestön runkokelirikko -projektin projektiryhmässä ovat olleet tiejohtaja Erkki Myllylä (puheenjohtaja) Keski-Suomen tiepiiristä, DI Juhani Pulkkanen Keskushallinnosta, ins. Pasi Patrikainen Savo-Karjalan tiepiiristä ja ins. Vesa Leino / ins. Riku Kauranen Vaasa tiepiiristä. Heidän lisäksi tutkimukseen liittyen on ollut nimettynä yhdyshenkilöt kaikista tiepiireistä.

Oulun yliopiston tie- ja liikennetekniikan laboratoriossa tutkimuksen tekemiseen ovat osallistuneet prof. Esko Ehrola, TkL Jouko Belt, DI Veli Pekka Lämsä, DI Hannu Seppälä sekä liikenne- ja kuljetusteknisenä asiantuntijana prof. Timo Ernvall.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	11
2	KELIRIKKO	12
2.1	Kelirikon syntymekanismi ja vauriotyypit	12
2.2	Kelirikkoon vaikuttavat kuormitustekijät	15
2.21	Ympäristökuormitus	15
2.22	Liikennekuormitus	17
2.3	Runkokelirikon esiintyminen	17
3	RUNKOKELIRIKKO JA ILMASTO-OLOSUHTEET	19
3.1	Lähtöaineisto ja aineiston käsittely	19
3.2	Tutkimusalueet	20
3.3	Runkokelirikkomuuttujien määrittäminen	20
3.4	Ilmastomuuttujien määrittäminen	22
3.41	Tarkastellut ilmastomuuttujat	22
3.42	Syksyn ja kevään sademäärä	22
3.43	Talven pakkasmäärä ja yöpakkasvuorokausien lukumäärä	22
3.44	Routaantumis- ja sulamisaika	23
3.5	Runkokelirikon ja ilmastomuuttujien välinen yhteys	26
3.6	Ilmasto-olosuhteiden vaihtelu pitkällä aikavälillä	28
3.7	Tarkasteluvuosien 1996-1998 järjestys 30 vuoden jaksolla	29
4	RUNKOKELIRIKON LAAJUUS JA LAATU SORATIESTÖLLÄ	31
4.1	Tutkimusaineisto	31
4.2	Runkokelirikon laajuus ja laatu inventointiaineiston perusteella	31
4.21	Runkokelirikkovaurioiden esiintyminen tiepiireittäin	31
4.22	Runkokelirikon jakautuminen vaurioluokkiin	32
4.23	Runkokelirikkovauriot soratiepituuksien suhteen	33
4.24	Runkokelirikkovauriot ja toiminnallinen tieluokka	34
4.25	Runkokelirikkovauriot ja liikennemäärä	35
4.3	Runkokelirikon vauriokohdat	37
4.31	Soratiestön pituus tiepiireittäin	37
4.32	Vauriokohtien lukumäärä ja pituus	38
4.33	Vauriokohtien sijainti eri vuosina	40
4.4	Runkokelirikon laajuus ja laatu mitoittavan kelirikon perusteella	43
5	KELIRIKON LIIKENTEELLISET HAITAT	48
5.1	Kelirikko haittatekijänä	48
5.11	Haitan kohdistuminen	48
5.12	Kuljetukset, liikkuminen ja kelirikko	49
5.2	Kelirikon alueellisten haittojen tarkastelu	51
5.21	Tarkastelu lähtökohdat ja vertailumenetelmä	51
5.22	Runkokelirikon alaiset kuljetus- ja liikennesuoritteet	54
5.23	Suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut	57
5.24	Liikenteen kokonaishaittakertoimet	57
5.25	Runkokelirikkovaurioiden vaikeuskertoimet	59
5.26	Runkokelirikon haittaindeksit	61

5.3	Runkokelirikon liikenteelliset lisäkustannukset	62
5.4	Tiekohtaiset toimenpidetarpeet	65
5.41	Tarkastelumenetelmä	65
5.42	Tarkastelussa käytettävät raja-arvot ja painottaminen	66
5.43	Esimerkki tiekohtaisesta tarkastelusta	68
6	RUNKOKELIRIKKOVAURIOIDEN KORJAAMINEN	71
6.1	Lähtökohdat	71
6.2	Toimenpidevaihtoehdot	72
6.21	Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen mukaiset korjaustavat	72
6.22	Muut korjaustavat	74
6.3	Runkokelirikkovaurioiden korjauskustannukset	77
6.31	Laskelmissa käytetyt korjaustoimenpiteet ja -kustannukset	77
6.32	Toimenpiteiden kokonaismäärät ja -kustannukset	78
6.4	Runkokelirikkovaurioiden korjaustoiminnan priorisointi	80
6.41	Priorisoinnin tavoitteet ja yleisperiaatteet	80
6.42	Alueellinen priorisointi	80
6.43	Tiekohtainen priorisointi	83
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	85
	LÄHDELUETTELO	91

1 JOHDANTO

Suomen yleisistä teistä vajaat 30 000 km on sorapintaisia. Liikennesuoritteesta kohdistuu tälle osaverkolle vajaat 5 %. Vaikka suoriteosuus on pieni, soratiestöllä on suuri yhteiskunnallinen merkitys. Perustuotannon tuotantoalueet ovat suurelta osin sorateiden varassa. Myös sorateiden varsilla olevan asutuksen kannalta sorateilla on suuri merkitys.

Lähinnä rakentamattomilla sorateilla esiintyy keväällä roudan sulamisesta johtuvaa kelirikkoa. Tien pinnan pehmenemistä noin 100 mm syvyyteen kutsutaan pintakelirikoksi. Pintakelirikkovaihetta voi routivassa maaperässä seurata runkokelirikko, jolloin tierakenne pehmenee ja kuormituskestävyys alenee routalinssien sulaessa. Keväisin sorateilla varsin yleiset painorajoitukset johtuvat runkokelirikkovaurioista tai pyrkimyksestä estää niiden syntyminen.

Tällä vuosikymmenellä on varsin paljon panostettu soratietutkimuksiin, mitkä pääasiassa pohjautuvat vuosikymmenen puolivälissä tehtyyn Sorateiden kehittämistarpeiden kartoitukseen /5/. Tähän liittyen on määritetty mm. soratien palvelutasoa ja rakenteellista kuntoa. Vähittäinen siirtyminen sorateiden hoidossa kokonaisvastuu-urakointiin on myös lisännyt tutkimustarvetta. Vuosina 1995-1998 on tehty runkokelirikkokohtien inventoinnit koko maassa, joskin vuoden 1995 inventoinnissa oli selviä puutteita. Inventoinneissa käytettiin Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen mukaista kolmiportaista vaurioluokitusta.

Tutkimuksen päätavoitteina on selvittää tehtyjen inventointien perusteella runkokelirikon laajuus ja laatu, millaisilla korjaustoimenpiteillä runkokelirikon haitat voidaan poistaa ja mitkä ovat korjauskustannukset. Tämän hetkiset käsitykset korjauskustannuksista vaihtelevat paljon. Tutkimuksessa tarkastellaan myös runkokelirikkovaurioiden korjaamisen tärkeysjärjestystä, kustannuksia ja hyötyjä koko maan ja tiepiirien kannalta. Alueellista tarkastelua on tarkoitus hyödyntää myöhemmin arvioitaessa valtakunnallisia ja alueellisia rahoitustarpeita sekä niiden vuosittaisia jaksotuksia. Tiepiirikohtaisen tarkastelun tavoitteena on esittää periaatteita, joita voidaan puolestaan hyödyntää arvioitaessa tiekohtaisen runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kiireellisyysjärjestystä. Tutkimuksessa keskitytään pääasiassa valtakunnalliseen tarkasteluun. Tutkimuksessa ei tarkastella pintakelirikkoa eikä painorajoitusten asettamista.

Tutkimusaineistoa tarkastellaan neljässä eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa selvitetään keskeisten ilmastomuuttujien ja runkokelirikkovaurioiden välinen riippuvuus, jotta voidaan arvioida, kuinka vaikeat olosuhteet valitsivat tarkasteluvuosien 1996-1998 runkokelirikkojen kannalta. Toisessa vaiheessa selvitetään soratiestön runkokelirikon laajuus ja laatu inventointiaineiston perusteella eri tiepiireissä kunakin tarkasteluvuotena. Ensimmäisen ja toisen vaiheen tulosten perusteella arvioidaan lisäksi runkokelirikon laajuus ja laatu ns. mitoittavan kelirikon perusteella. Kolmannessa vaiheessa arvioidaan kelirikon liikenteellisiä haittoja ja neljännessä vaiheessa runkokelirikkovaurioiden korjaustoimenpiteitä ja -kustannuksia sekä korjaustoiminnan priorisointia.

2 KELIRIKKO

2.1 Kelirikon syntymekanismi ja vauriotyypit

Sorateiden kelirikolla tarkoitetaan roudan sulamisesta johtuvaa tien pinnan pehmenemistä sekä tierungon ja alusrakenteen kuormituskestävyyden heikkenemistä. Kelirikkokauden aiheuttamat haitat korostuvat varsinkin ns. rakentamattomilla sorateilla, joiden osuus kaikista Suomen sorateista on vielä tällä hetkellä huomattava. Kelirikosta aiheutuvien vaurioiden syntyminen ajoittuu keväiseen roudan sulamiskauteen ja alkukesään. Routimisesta johtuvien kelirikkovaurioiden syntymisen edellytyksenä on, että /11/

- tierakenne jäätyy ja jäätyvät materiaalit ovat routivia
- routarajalla on riittävästi vettä saatavilla
- roudan sulaessa vapautuva vesi jää tierunkoon heikentämään rakennetta
- tietä kuormitetaan sulamisen aikana.

Tierakenne on ympäri vuoden erilaisten ilmastorasitusten vaikutuksen alaisena. Routaantumisen ja routimisen kannalta merkittävimpiä rasitusten seurauksia ovat tierakenteen osittainen sulaminen ja jäätyminen. Rakenteen routiessa siihen sitoutuu vettä. Pitkät lämpimät jaksot talvikauden aikana lisäävät entisestään materiaaleihin sitoutuneen veden määrää. Tällöin voi muodostua roudan sulamisen kannalta vaikeita routalinssejä. Vesipitoisuuden kasvu on sitä voimakkaampaa mitä routivampia päällysrakenteen ja pohjamaan materiaalit ovat.

Keväinen roudan sulamisen alkaminen ajoittuu ajankohtaan, jolloin lumettoman tienpinnan lämpötila nousee ± 0 °C yläpuolelle. Sulaminen tapahtuu samanaikaisesti routakerroksen ylä- ja alapinnasta. Sulamisen vaikutuksesta tierakenteen yläosasta vapautuu vettä. Vapaa huokosvesi pääsee osittain haihtumaan tai virtaamaan pois, mutta huonosti vettä läpäiseviin materiaaleihin jää vettä, joka pehmentää tien pintaosan. Ilmiöstä käytetään nimitystä *pintakelirikko*, kun pehmeneminen ulottuu noin 10 cm syvyyteen tien pinnasta. Tätä edesauttaa se, että pintarakenteen sulaessa tie on käytännössä alapuolelta jäässä ja vettä läpäisemätön. /22,24/

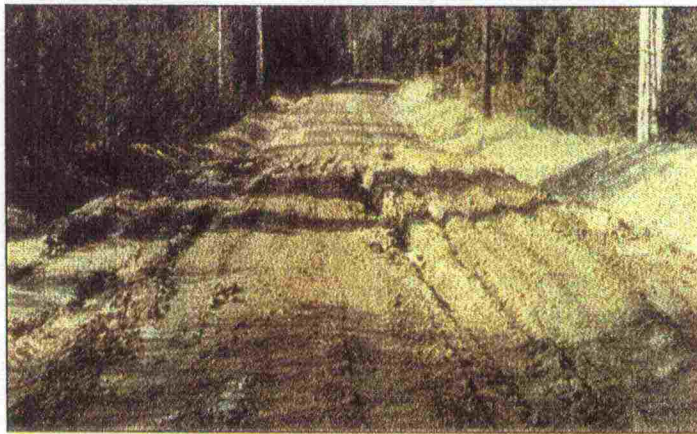
Sulamisrintaman edetessä syvemmälle pintakelirikkovaihetta seuraa routivassa maaperässä usein *runkokelirikkovaihe*, jolloin tierakenne pehmenee yhä syvemmälle ja kuormituskestävyys heikkenee. Tierakenteessa ja pohjamaassa olevat routalinssit tuottavat sulaessaan runsaasti vettä, joka huonosti vettä läpäisevillä materiaaleilla pääsee hyvin hitaasti virtaamaan pois. Sulamisen yhteydessä vapautuva ylimääräinen vesi yhdessä liikennekuormituksen kanssa aiheuttaa kuormituskestävyyden alenemisen. /24/

Routimisesta johtuvaa tien pinnan epätasaisuutta saattaa ilmetä erilaisten siirtymäkiilarakenteiden kohdalla. Epätasaisuutta voi esiintyä esimerkiksi rumpujen kohdilla tai kohdissa, joissa alusrakenteen maalaji vaihtuu routimattomasta routivaksi. Käytäntönä on, että epätasaisen routanousun yhteydessä on esiinnyttävä runkokelirikolle ominaista kuormituskestävyyden alenemista, jotta epätasaisuus luokitellaan kelirikkovaurioksi. /24/

Runkokelirikon synnyttämien vaurioiden vakavuus ja samalla haitallisuus vaihtelee hyvin voimakkaasti. Tämän selvitystyön yhteydessä käytetään Tielaitoksen kehittämän Sorateiden inventointiohjeen mukaista luokitusta. Vaurioluokitus koostuu kolmesta luokasta, joista ensimmäinen sisältää vakavat, toinen liikennettä tuntuvasti haittaavat ja kolmas lievät vauriotyypit : /8,24/

Vaurioluokka 1 :

- autoilija joutuu kohteessa lähes täysin pysähtymään ja arvioimaan, onko mahdollista päästä yli
- ajolinja on valittava tarkkaan
- auton pohja saattaa koskettaa tietä
- tien runko on pahasti sekaisin

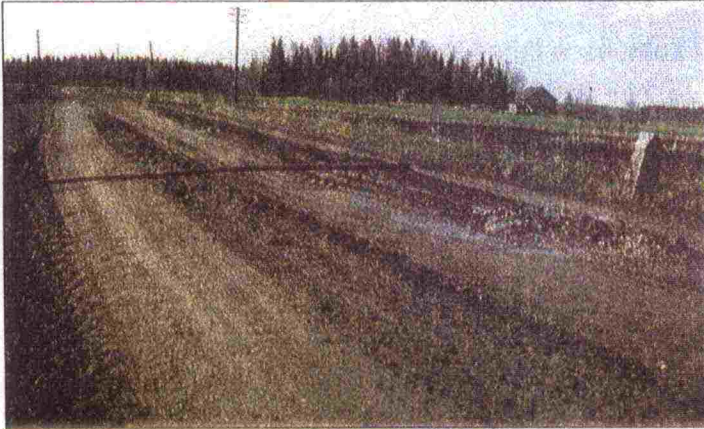


Kuva 1.

Esimerkkikuvia vakavista vaurioista (vaurioluokka 1). /24/

Vaurioluokka 2 :

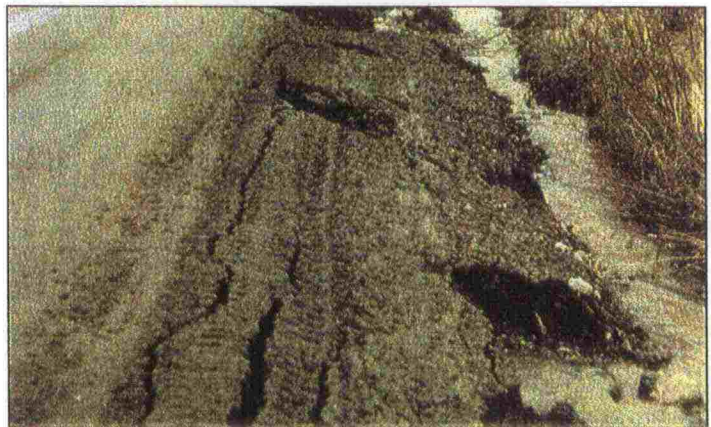
- ajonopeutta joudutaan laskemaan tuntuvasti
- lievää ajolinjojen hakua
- tien pinnassa pursuilua tai silmäkkeitä



Kuva 2. Esimerkkikuvia liikennettä tuntuvasti haittaavista vaurioista (vaurioluokka 2). /24/

Vaurioluokka 3 :

- ajonopeutta joudutaan hivenen laskemaan
- reunasortumia, joita on väisteltävä
- lievää tien rungon pehmenemistä
- pääosa tiestä kantavaa



Kuva 3. Esimerkkikuvia lievistä vaurioista (vaurioluokka 3). /24/

2.2 Kelirikkoon vaikuttavat kuormitustekijät

2.2.1 Ympäristökuormitus

Tierakenteeseen välittyvä ympäristökuormitus on seurausta vallitsevista sää- ja hydrologisista olosuhteista. Sää- ja hydrologisia olosuhteita voidaan pitkällä aikajaksolla (kymmeniä vuosia) ja maantieteellisesti samoilla alueilla pitää lähes vakioina. Lyhyellä aikajaksolla, esimerkiksi perättäisinä vuosina tai vuodenaikojen mukaisesti tarkasteltuna, olosuhteet vaihtelevat huomattavasti. Sen seurauksena myös tierakenteeseen kohdistuva ympäristökuormitus vaihtelee ja aiheuttaa vuosittain poikkeavan kelirikko-ongelman. Siksi

tien routimisen ja sen seurauksena usein syntyvän kelirikon muodostumista tarkasteltaessa on tärkeää ottaa huomioon vuodenaikojen mukaisten olosuhdetekijöiden vaikutukset.

Lämpötila vaihtelee voimakkaasti vuodenaikojen mukaan. Lämpötilojen perusteella pystytäänkin määrittelemään kausittain vaihtelevia muuttujia, mm. lämpötilajakaumia, pakkasmäärä- ja lämpöastesummakertymiä sekä pakkaspäivien ja yöpakkasvuorokausien määriä.

Vesi vaikuttaa yhtäaikaaisesti useissa eri olomuodoissa. Kiinteänä vesi esiintyy routaantumisiilmiön yhteydessä, jolloin voidaan tarkastella roudan syvyyttä sekä routaantumiseen ja roudan sulamiseen kulunutta aikaa (nopeutta). Toisaalta vesi esiintyy kiinteässä olomuodossa lumena, jolloin tarkastelun kohteena on lumikerroksen paksuus sekä lumen tulo- ja sulamisajan kohdat. Nestemäisenä vettä voidaan tarkastella sademäärien ja toisaalta maaperässä olevan veden liikkeiden (mm. pohjaveden korkeus) perusteella. Kaasumaisessa olomuodossa veden vaikutus näkyy suhteellisen kosteuden pitoisuuksina ja haihduntatietoina.

Lisäksi vaikuttavina tekijöinä voivat olla mm. tuulen nopeus ja suunta sekä pilvisyyden ja aurinkoisuuden vaihtelut. Siten ympäristökuormitusta aiheuttavat olosuhdetekijät muodostavat hyvin monimuotoisen kokonaisuuden.

Kaikkien sää- ja hydrologisia olosuhteita kuvaavien muuttujien yhtäaikaisten tarkastelu ei ole mahdollista eikä tarpeellistakaan, koska olosuhdetekijät riippuvat toisistaan. Tarkastelussa on järkevää keskittyä ilmastollisiin perusmuuttujiin, jotka ovat mahdollisimman hyvin toisistaan riippumattomia. Keskeisiä kelirikon laajuuteen ja laatuun vaikuttavia ilmastotekijöitä ovat :

- syksyn sademäärä
- alkutalven lämpötila (routaantumisaika)
- talven ankaruus (talven pakkasmäärä)
- sulamiskauden lämpötila (sulamisaika)
- sulamiskauden sademäärä ja
- sulamiskauden yöpakkasten esiintyminen.

Syksyn sademäärällä on yhteys tierakenteen ja pohjamaan kosteusolosuhteisiin routaantumisen alkaessa. Mitä suurempi on tierakenteen vesipitoisuus ja mitä korkeammalla pohjavesi on sitä otollisemmat ovat olosuhteet tien routimiselle ja vaikean kelirikon muodostumiselle.

Alkutalven lämpötiloilla eli pakkasmäärän kertymällä on yhteys tierakenteen ja pohjamaan routaantumisnopeuteen. Kylmä alkutalvi eli nopea pakkasmäärän kertymä nopeuttaa routaantumista. Nopea routaantuminen merkitsee yleensä vähäisempää routimista ja sitä kautta helpompaa kelirikkotilannetta. Toisaalta, jos roudan muodostumiskaudella on perättäisiä kylmiä ja lämpimiä jaksoja tai routaantuminen on muutoin hidasta, olosuhteet ovat otolliset routimiselle ja vaikean kelirikon syntymiselle.

Ankara talvi eli suuri kokonaispakkasmäärä merkitsee yleensä nopeaa ja syvälle ulottuvaa tien routaantumista. Tällöin routimisen ja samalla kelirikon syntymisen edellytykset ovat vähäisemmät.

Sulamiskauden korkea lämpötila nopeuttaa roudan sulamista. Samalla lämmin sää jouduttaa tien pinnasta tapahtuvaa haihtumista ja nopeuttaa kelirikon poistumista. Toisaalta lämpimän sään vaikutuksesta tien sulaminen voi olla liian nopeaa vapautuvien vesien poistumisedellytyksiin verrattuna. Tällöin tien runkoon kerääntyy runsaasti vettä ja tapahtuu voimakasta rakenteen pehmenemistä.

Sulamiskauden suuren sademäärän vaikutus kelirikon kehittymiseen on hyvin samankaltainen kuin edellä kuvatun sulamiskauden korkean lämpötilan. Suuri sademäärä jouduttaa roudan sulamista, mutta voi aiheuttaa tierakenteeseen kertyvän suuren vesimäärän vuoksi kelirikon vaikeutumista.

Sulamiskauden yöpakkasvuorokausien lukumäärän lisääntymisellä on lieventävä vaikutus kelirikon aiheuttamiin ongelmiin. Yöpakkasten esiintymisajankohtana ilma on yleensä kirkas (pilvetön). Kun osittain sulaneen soratien pintaosa jäätyy yöllä, kosteus nousee sulaneesta kerroksesta routarajalle, lähelle tien pintaa. Pilvetöntä pakkasyötä seuraa usein auringonpaisteinen päivä. Jos lämpötila tällaisena päivänä nousee lämpimän puolelle tien pintaosassa, voidaan jään sulamisen ja pintaosissa olevan ylimääräisen kosteuden haihtumisen olettaa olevan voimakasta. Yöpakkasten toistuessa tierakenne kuivuu varsin tehokkaasti.

2.22 Liikennekuormitus

Ilmastollisten edellytysten lisäksi kelirikon syntymisen toisena edellytyksenä on liikenteen aiheuttama kuormitus. Yksittäisen ajoneuvon kuormitusvaikutus on sitä suurempi mitä raskaampi ajoneuvo ja mitä suuremmat akselipainot ovat kyseessä. Henkilöautojen kuormitusvaikutus ulottuu lähinnä tierakenteen pintaosiin. Raskaan liikenteen aiheuttama kuormitusvaikutus ulottuu syvälle akselipainojen kasvaessa, jolloin myös rakenteellisten vaurioiden syntyminen on todennäköistä. Lisäksi tyypillinen soratierakenne on usein ns. rakentamaton ja materiaalikerrokset ovat ohuita, jolloin rakenteen käyttäytyminen voi muuttua jo hyvin pienillä kuormituksilla. Siksi raskaan kaluston liikennöintiä kelirikkouhan alaisilla soratieosuuksilla rajoitetaan asettamalla painorajoituksia tai ajokieltoja sulamiskauden kriittisimpinä ajanjaksoina.

Päällystettyjen teiden liikennesuoritteeseen verrattuna sorateiden suoritteet ovat hyvin pienet. Soratiet ovat kuitenkin elintärkeitä jo niiden varrella olevan asutuksen kannalta, joten painorajoitusten suurimittakaavainen käyttäminen kelirikkovaurioiden vähentämiseksi ei ole mielekäästä.

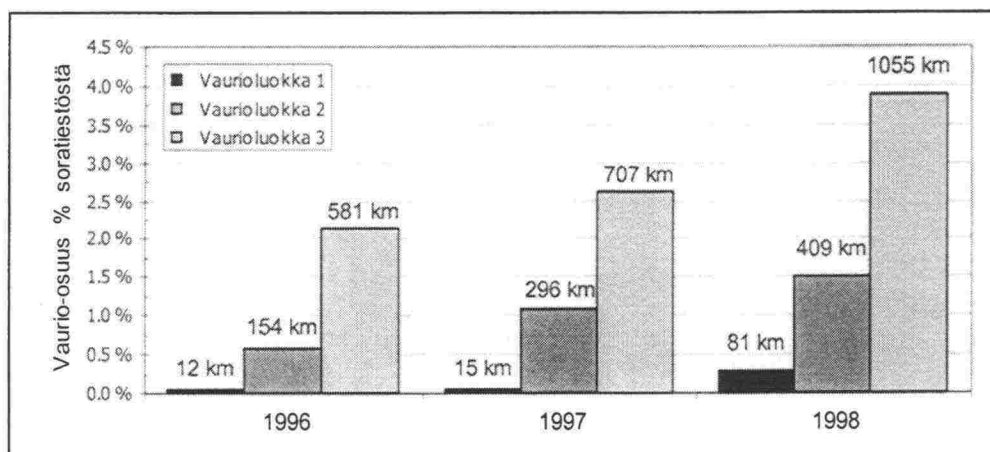
2.3 Runkokelirikon esiintyminen

Runkokelirikkoa esiintyi soratiestöllä suoritettujen inventointien mukaan vuonna 1996 2.8 %:lla, vuonna 1997 3.8 %:lla ja vuonna 1998 5.7 %:lla koko soratieverkosta (kuva 4). Vuonna 1996 vaurioiden yhteispituus oli tarkastelujakson lyhin eli 747 km. Vuoden 1997 inventointien perusteella vaurioiden yhteispituus oli 1018 km. Vuonna 1998 runkokelirikkovaurioita oli yhteensä peräti 1546 km.



Kuva 4. Runkokelirikon esiintyminen soratiestöllä vuosina 1996, 1997 ja 1998.

Vaurioluokittain koko maan tasolla tarkasteltuna vaurioista selvästi suurin osuus koostui vaurioluokasta 3 eli lievistä vaurioista (kuva 5). Vaurioluokka 1, eli vakavat vauriot, oli osuudeltaan pienin, mutta verrattaessa vuosia 1996 ja 1997 vuoteen 1998, ero oli vaurioluokista voimakkain. Vaurioluokassa 1 vauriopituus vuonna 1998 oli lähes 6.8-kertainen vuoteen 1996 verrattuna. Vastaavat suhteet olivat vaurioluokassa 2 noin 2.7 ja vaurioluokassa 3 noin 1.8.



Kuva 5. Runkokelirikon vauriopituudet ja %-osuudet luokittain soratiestöllä vuosina 1996, 1997 ja 1998.

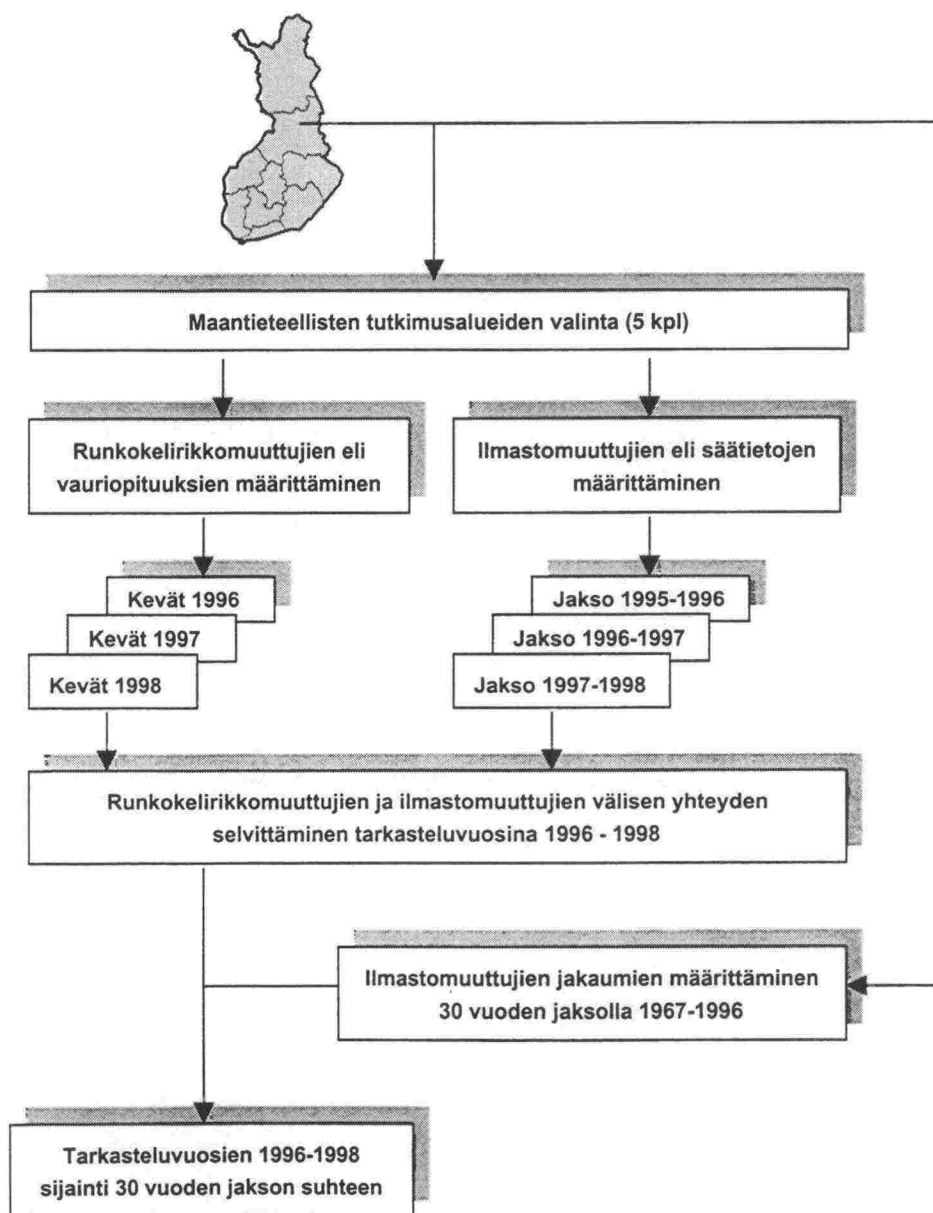
Tarkastelujaksolla vauriopituuksien suurenemisen lisäksi myös vaurioiden laatu on pahentunut. Samaa käsitystä tukee vaurioluokkien suhteellisten osuuksien muuttuminen. Vakavien vaurioiden suhteellinen osuus vaurioiden yhteispituudesta oli suurimmillaan 1998 5.2 %, kun se oli kahtena edellisellä vuonna luokkaa 1.5 %. Liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden suhteellinen osuus taas oli vuonna 1996 noin 20 %, kun vuosina 1997 ja 1998 suhteellinen osuus oli noin 27 %. Lievien vaurioiden suhteellinen osuus väheni puolestaan vuoden 1996 lähes 80 %:sta alle 70 %:iin.

3 RUNKOKELIRIKKO JA ILMASTO- OLOSUHTEET

3.1 Lähtöaineisto ja aineiston käsittely

Tiestötietojen osalta on lähtöaineistona käytetty Suomen yleisten teiden soratiestöä käsittelevää tierekisteriaineistoa ja sorateiden runkokelirikon inventointiaineistoa vuosilta 1996-1998. Ilmasto-olosuhteita selvitetessä lähtöaineistona on käytetty Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksia.

Selvitystyön tarkoituksena on ollut selvittää, millainen yhteys aineiston perusteella on löydettävissä keskeisten ilmastomuuttujien ja keväisten runkokelirikkovaurioiden välille. Selvitystyössä on edetty kuvan 6 esittämällä tavalla.

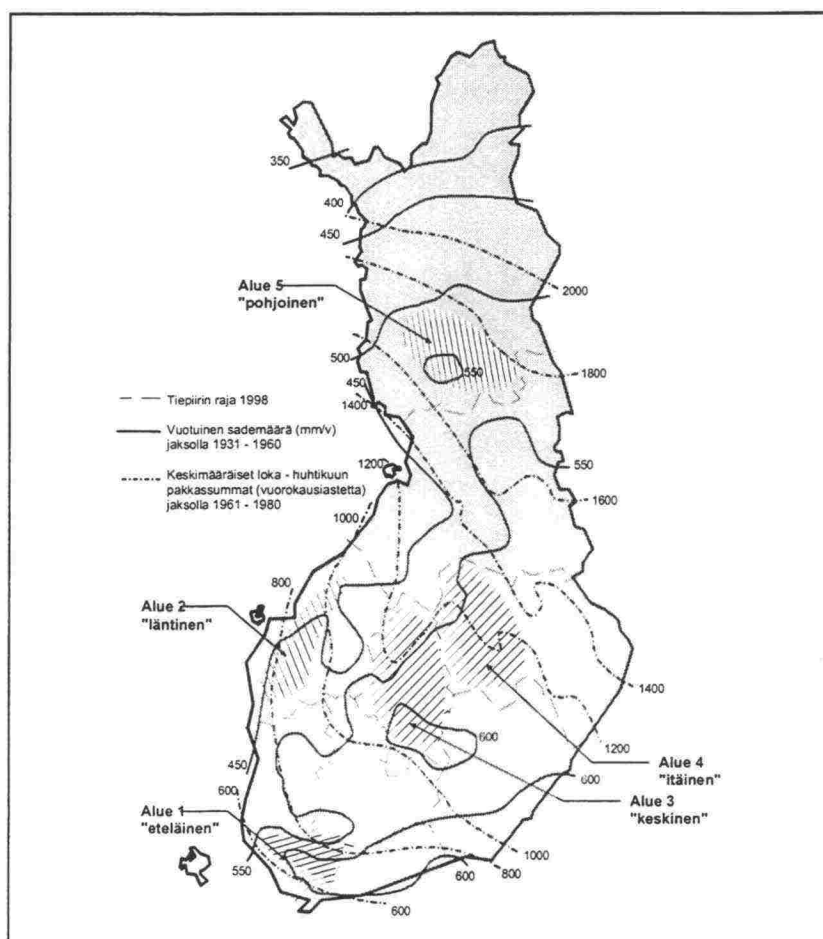


Kuva 6.

Runkokelirikon ja ilmasto-olosuhteiden välistä yhteyttä käsittelevän selvitystyön etenemisjärjestys.

3.2 Tutkimusalueet

Selvitystyö on toteutettu otosperiaatteella, jolloin tutkimusalueiksi on valittu viisi maantieteellisesti toisistaan erillään olevaa aluetta (kuva 7). Otsalueet on pyritty valitsemaan siten, että ne kattavat mahdollisimman laajasti tärkeimmät Suomen ilmastotyyppit. Rannikkoseutujen ilmastotyyppiä kuvaavat eteläinen alue 1 ja läntinen alue 2. Mantereisen ilmastotyyppin alueita ovat keskisen Suomen alue 3 ja itäisen Suomen alue 4. Pohjoinen alue 5 kuvaa kylmää, mantereista ilmastotyyppiä. Lähtökohtana alueiden valinnassa on ollut keskeinen sijainti Ilmatieteen laitoksen sääasemien suhteen, jotta ilmasto-olosuhteiden ja runkokelirikkotietojen välistä yhteyttä voidaan selvittää mahdollisimman luotettavasti.



Kuva 7. Tutkimusalueiden maantieteellinen sijainti.

3.3 Runkokelirikkomuuttujien määrittäminen

Ensimmäisessä vaiheessa on määritetty tiepiirien tienumerokarttojen avulla otosaluiden sorateiden tienumerot ja sitä kautta sorateiden lukumäärä kulakin otosalueella. Tienumeroiden listausta tunnistimena käyttäen on sitten määritetty soratierekisteristä sorateiden pituudet ja otosaluiden soratiestön kokonaismäärät (taulukko 1).

Taulukko 1. Tarkasteltavana olevien otosalueiden soratiestön määrä ja pituudet.

Otosalue	Alue 1 eteläinen	Alue 2 läntinen	Alue 3 keskinen	Alue 4 itäinen	Alue 5 pohjoinen
Sorateiden lukumäärä [kpl]	183	144	266	313	79
Yhteispituus [km]	1 055	887	2401	2815	825
Pituuden keskiarvo [km]	5.8	6.2	9.0	9.0	10.4

Otosalueiden sorateiden määrät vaihtelevat 80:stä 260:een kilometriin ja kokonaispituudet runsaasta 800:sta 2400:aan kilometriin. Tarkasteltavien sorateiden keskimääräiset pituudet ovat pisimmät pohjoisella alueella (10,4 km) ja lyhimmät (5,8 km) eteläisellä alueella. Otosalueiden keskimääräiset tiepituudet käyvät hyvin yksiin koko soratiestön vastaaviin arvoihin.

Toisessa vaiheessa runkokelirikon inventointiaineistosta on erotettu tienumerojen perusteella otosalueiden vaurioita sisältävät soratiet. Tämän jälkeen otosalueiden tierekisteri- ja inventointiaineistot on yhdistetty tietokannaksi, josta on laskettu tarkasteluvuosien runkokelirikkopituudet vaurioluokittain (liite 1 ja taulukko 2).

Taulukko 2. Otosalueiden soratiestön runkokelirikkomäärät ja -muuttujien arvot.

Otosalue / Vaurioluokka	1996		1997		1998	
	Määrä [km]	Arvo [%]	Määrä [km]	Arvo [%]	Määrä [km]	Arvo [%]
Alue 1						
Vaurioluokka 1	0.15	0.01	0	0.00	0.71	0.07
Vaurioluokka 2	0.07	0.01	0.02	0.00	8.71	0.83
Vaurioluokka 3	5.56	0.53	16.22	1.54	31.90	3.02
Yhteensä	5.78	0.55	16.24	1.54	41.32	3.92
Alue 2						
Vaurioluokka 1	7.30	0.82	5.84	0.66	42.92	4.84
Vaurioluokka 2	8.31	0.94	65.49	7.38	43.58	4.91
Vaurioluokka 3	8.48	0.96	37.08	4.18	63.03	7.10
Yhteensä	24.09	2.71	108.41	12.22	149.54	16.85
Alue 3						
Vaurioluokka 1	0.31	0.01	0.06	0.00	2.12	0.09
Vaurioluokka 2	1.27	0.05	1.15	0.05	44.94	1.87
Vaurioluokka 3	75.47	3.14	127.05	5.29	152.27	6.34
Yhteensä	77.06	3.21	128.26	5.34	199.33	8.30
Alue 4						
Vaurioluokka 1	0.00	0.00	0.17	0.01	0.46	0.02
Vaurioluokka 2	3.56	0.13	6.40	0.23	44.23	1.57
Vaurioluokka 3	49.97	1.77	35.10	1.25	105.62	3.75
Yhteensä	53.53	1.90	41.66	1.48	150.31	5.34
Alue 5						
Vaurioluokka 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vaurioluokka 2	0.96	0.12	0.00	0.00	0.11	0.01
Vaurioluokka 3	5.89	0.71	0.60	0.07	8.33	1.01
Yhteensä	6.84	0.83	0.60	0.07	8.44	1.02

Runkokelirikkomuuttujan arvolla tarkoitetaan otosalueiden runkokelirikon määrää kuvaavaa tunnuslukua. Se on määritelty runkokelirikkopituuden prosentuaalisena osuutena tarkasteltavan alueen soratiestön kokonaispituudesta. Muuttuja on määritelty kelirikon kokonaismäärille ja erikseen kullekin vaurioluokalle. Otosalueen soratiepituuksiin suhteutetut vauriopituudet olivat suurimmat läntisellä alueella 2, jossa sekä vaurioluokkaan 1 että vaurioluokkaan 2 kuului lähes 5 % soratiestöstä. Alueen 2 vaurioitumisprosentti kaikki vaurioluokat yhteen laskettuna oli lähes 17 %, kun pienimmät osuudet löytyivät eteläiseltä alueelta 1 (~ 4 %) ja pohjoiselta alueelta 5 (~ 1 %).

3.4 Ilmastomuuttujien määrittäminen

3.41 Tarkastellut ilmastomuuttujat

Otosalueiden ilmasto-olosuhteita kuvaavina muuttujina on tarkasteltu edellä kuvattuja (luku 2.21) kuutta keskeisintä ilmastotekijää: syksyn ja kevään sademäärät, talven pakkasmäärä, yöpakkasvuorokausien määrä sulamiskaudella sekä routaantumis- ja sulamisaika (liite 1). Ilmastotekijöiden arvot on määritetty otosalueita edustavien Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemien ilmastotietojen avulla. Tekijät on määritetty runkokelirikon vaurioinventointeja vastaaville vuosille 1995-1998.

3.42 Syksyn ja kevään sademäärä

Syksyn sademäärinä on käytetty tarkasteltua kelirikkokevättä edeltävän vuoden elo-, syys- ja lokakuun yhteenlaskettuja sademääriä. Kevään sademäärät on määritetty sulamiskauden huhti-, touko- ja kesäkuun sademäärien summina (taulukko 3).

Taulukko 3. Otosalueiden sademäärät.

Otosalue / Sademäärä [mm]	Alue 1 eteläinen	Alue 2 läntinen	Alue 3 keskinen	Alue 4 itäinen	Alue 5 pohjoinen
Syksyn sademäärä					
Syksy 1995	193	145	222	233	162
Syksy 1996	126	123	127	91	118
Syksy 1997	198	202	173	140	143
Kevään sademäärä					
Kevät 1996	133	133	179	164	144
Kevät 1997	122	79	155	110	65
Kevät 1998	191	152	134	184	165

Tarkastelujaksoista vähäsateisimpia olivat syksy 1996 ja kevät 1997, jotka liittyvät kevään 1997 runkokelirikkotilanteeseen. Syksy 1995 oli yleisesti ottaen sateisin, paitsi alueella 2. Roudan sulamiskaudella sademäärät olivat suurimmat keväällä 1998, lukuunottamatta aluetta 3. Kokonaisuudessaan vuosien 1996 ja 1998 sademäärien välistä eroa ei voi kuitenkaan pitää kovin huomattavana.

3.43 Talven pakkasmäärä ja yöpakkasvuorokausien lukumäärä

Talven pakkasmäärinä käytetään tarkasteltavia kelirikkokeväitä edeltävien talvien pakkasmääriä (taulukko 4). Yöpakkasiksi on määritelty sellaiset sulamiskauden vuorokaudet, joiden minimilämpötilat ovat olleet alle $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja maksimilämpötilat selvästi positiivisella puolella. Yöpakkasiksi ei siis ole luokiteltu vuorokausia, joiden minimi- ja maksimilämpötilat ovat olleet hyvin lähellä $\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tällaiset lämpötilaolosuhteet eivät saa aikaan yöpakkasille ominaista vaikutusta. Yöpakkasia esiintyi käytännössä maalís-, huhti- ja toukokuun aikana (taulukko 4).

Taulukko 4. Otosalueiden pakkasmäärät ja yöpakkasvuorokaudet.

Otosalue	Alue 1 eteläinen	Alue 2 läntinen	Alue 3 keskinen	Alue 4 itäinen	Alue 5 pohjoinen
Pakkasmäärä [Kh]					
Talvi 1995 -1996	20380	20786	27926	30192	41299
Talvi 1996 -1997	12533	13666	20569	24300	31809
Talvi 1997 -1998	12977	14396	22629	27938	39026
Yöpakkasvrk [kpl]					
Kevät 1996	36	43	42	39	38
Kevät 1997	30	30	34	36	27
Kevät 1998	28	28	27	29	13

Talvikausi 1995 -1996 oli kaikilla alueilla pakkasmäärän perusteella arvioituna tarkastelujakson ankarin. Pääsääntöisesti kaksi muuta talvikautta olivat pakkasmääriltään lähes saman suuruiset. Yöpakkasvuorokausien lukumäärä oli suurin keväällä 1996 ja pieneni tarkastelujaksolla vuosittain.

3.44 Routaantumis- ja sulamisaika

Routaantumisaika määritellään soratien rungon ja alusrakenteen yläosan routaantumiseen kuluneena aikana, joka tarvitaan roudan etenemiseen 0.5 m tasolta 1.0 m tasolle. Sulamisaika määritellään vastaavasti soratien pinnaasta tapahtuvaan sulamiseen kuluvana aikana, joka tarvitaan sulamisen etenemiseen 0.25 m tasolta 0.75 m tasolle.

Routaantumis- ja sulamisajan tarkastelusyvyyksiksi valittiin edellä mainitut syvyydet, jotta tarkastelusta pystyttiin eliminoimaan mahdollisista lämpötilojen vaihteluista aiheutuvat vaihtelut jäätymisen ja sulamisen alkuvaiheessa. Koska tierakenteen pintaosat reagoivat nopeimmin lämpötilojen vaihteluihin, rajoittamalla soratierakenteen yläosa tarkastelun ulkopuolelle pystytään parantamaan tulosten luotettavuutta. Sulamista ei tarkasteltu 1.0 metriin saakka, koska tutkimuksen edetessä selvisi, että leutoina talvikausina soratierakenne ei kaikilla alueilla välttämättä jäädy niin syvälle.

Edellä määriteltyjä routaantumis- ja sulamisaikoja on arvioitu teoreettisesti keskimääräistä rakentamatonta soratierakennetta havainnollistavan mallin avulla. Arvioinnissa tyypillisenä rakentamattomana soratierakenteena käytettiin silttisen pohjamaan päällä olevaa, 0.5 metriä paksua, moreenikerrosta (taulukko 5). Lisäksi soratierakenteen päällä oletettiin olevan 20-50 mm paksu polannekerros.

Taulukko 5. Routalaskelmissa käytetyt materiaaliparametrit.

Materiaaliparametri	Yksikkö	Moreeni	Siltti	Jää
Kerroksen paksuus	[mm]	500	Pohjamaa	20-50
Kuivatilavuuspaino	[kN/m ³]	18.0	14.0	10.0
Gravimetrinen vesipitoisuus	[%]	10	30	100
Lämmönjohtavuus				
Sula	[W/Km]	1.70	1.20	
Jäätynyt	[W/Km]	1.90	2.00	2.23
Tilavuuslämpökapasiteetti				
Sula	[J/Km ³] $\times 10^6$	2.11	2.81	
Jäätynyt	[J/Km ³] $\times 10^6$	1.73	1.94	1.88
Olomuodonmuutoslämpö	[J/m ³] $\times 10^7$	6.01	14.03	33.40
Segregaatiopotentiaali SP0	[mm ² /Kh]	3	10	

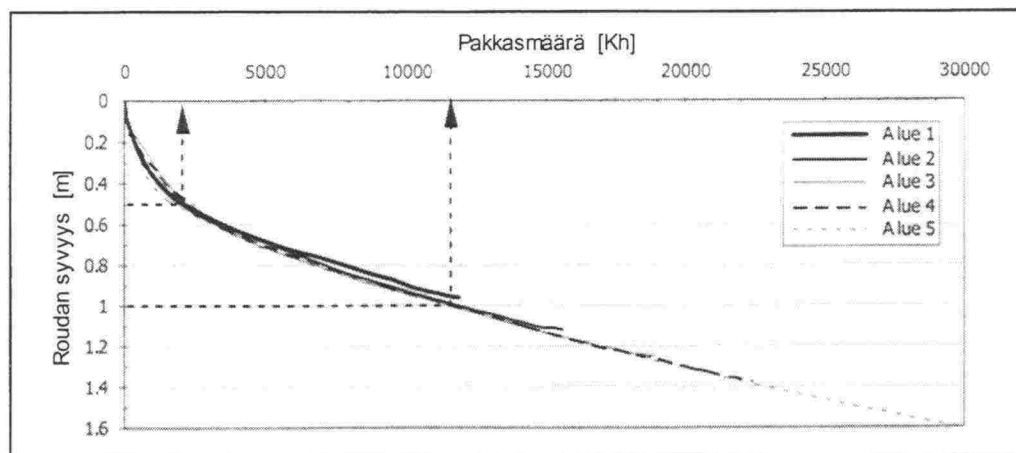
Moreenin materiaaliparametreissa on otettu huomioon materiaalin sisältämät erilaiset lajitteet kuten murskeet, luonnon kiviaines, soratien kulutuskerroksen materiaali ja hienoaines. Lajitteet ovat ajan saatossa, kunnossapito-toimenpiteiden sekä ilmasto- ja liikennekuormituksen vaikutuksesta, sekoittuneet keskenään.

Routaantumisen etenemistä soratierakenteessa ja pohjamaassa arvioitiin alueittain 1 -dimensionaaliseen lämmön siirtymiseen perustuvan roudan syvyyden laskentaohjelmalla (ns. GEL1d -malli). Mallissa maaperän lämpötilan muutoksia aiheuttavat samanaikaisesti maanpinnan ja maaperän lämpövirta sekä veden muuttuminen jääksi. Malli ei ota huomioon hydraulisia ja mekaanisia ilmiöitä. Laskelmissa käytetyt ilmastotiedot on esitetty taulukossa 6.

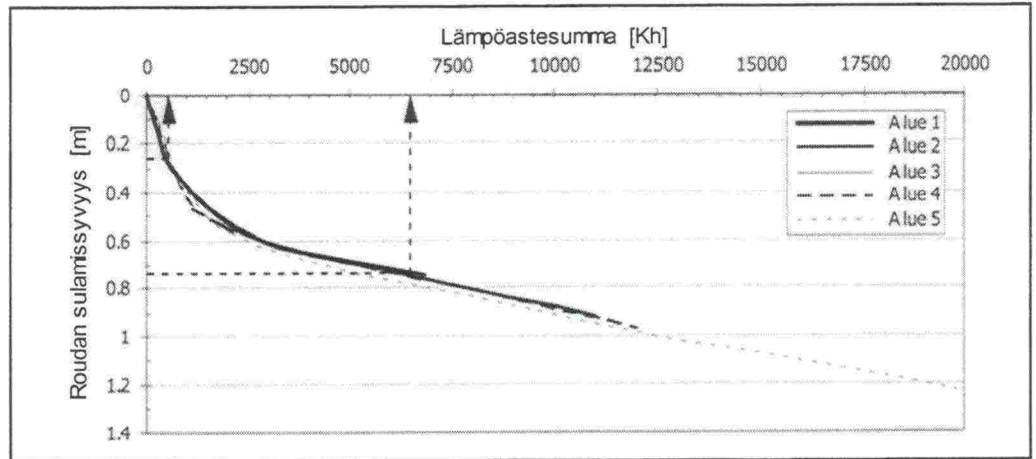
Taulukko 6. Routalaskelmissa käytetyt ilmastotiedot.

F ₂	Kuukauden pakkasmäärä [°Ch]							Maaperän lämpötila	Sijainti
	Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti		
Alue 1	0	200	1800	3700	4000	2000	0	6.5 °C	Turku
Alue 2	0	600	2600	4600	4900	2800	100	5.5 °C	Vaasa
Alue 3	0	800	3500	5900	5800	3000	0	4.5 °C	Jyväskylä
Alue 4	0	1400	4400	6700	6600	3500	100	4.0 °C	Kuopio
Alue 5	300	3300	6300	8800	8500	5600	900	3.0 °C	Rovaniemi

Laskelmien mukaan routaantumiseen tarvittava pakkasmäärä (kuva 8) ja roudan sulamiseen tarvittava lämpöastesumma (kuva 9) eivät vaihteile rakentamattomalle soratierakenteelle valituilla parametreilla huomattavasti, vaikka alueiden maantieteellisestä sijainnista johtuva ero maaperän lämpötiloissa on suurimmillaan 3.5 °C. Havaittavien erojen pienuus johtuu osittain valitusta tarkastelusyvytydestä. Jos tarkastelu ulotettaisiin syvemmälle alusrakenteeseen, esimerkiksi 2.5 – 3.0 metrin syvyyteen, kuten yleisimmin rakennettujen teiden routaantumistarkasteluissa tehdään, alueiden välille saataisiin selvemmät erot. Laskelmien perusteella on aikaan sidotuissa tarkasteluissa oletettu, että arvioinnin tarkkuus on riittävä, kun maantieteellisestä sijainnista huolimatta kaikilla tarkastelualueilla käytetään routaantumiseen tarvittavana pakkasmääränä ja toisaalta sulamiseen tarvittavana lämpöastesummana saman suuruisia arvoja.



Kuva 8. GEL1d-malli: Roudan syvyys pakkasmäärän suhteen soratierakenteessa.



Kuva 9. GEL1d-malli: Soratien pinnasta tapahtuvan roudan sulamisen eteneminen lämpöastesumman suhteen.

Kuvan 8 mukaan pakkasmääräksi routaantumisaajan määritelmän mukaiselle roudansyvyystasolle 0.5 m saadaan 2000 Kh ja roudansyvyystasolle 1.0 m 11500 Kh. Näihin laskennallisiin pakkasmääriin on lisätty 500 Kh, jonka on otaksuttu kuluvan syksyisin tapahtuviin lämpötilan vaihteluihin ± 0 °C ympäristössä, ennen varsinaisen routaantumisen alkamista. Routaantumismuuttujien laskennan lähtökohtina on näin ollen käytetty 2500 Kh ja 12000 Kh arvoja. Vuosittaiset otosaluekohtaiset routaantumisaikamuuttujat on määriteltävä aikana (vk), joka kuluu kumulatiivisen pakkasmäärän kasvamiseen arvosta 2500 Kh arvoon 12000 Kh (taulukko 7).

Vastaavasti kuvan 9 mukaan lämpöastesummaksi sulamisaajan määritelmän mukaiselle roudan sulamissyvyystasolle 0.25 m saadaan 500 Kh ja sulamissyvyystasolle 0.75 m 6500 Kh. Näihin laskennallisiin lämpöastesummiin on lisätty 1000 Kh, jonka on otaksuttu kuluvan tien pinnan sulamiseen ja kevätolosuhteille ominaiseen lämpötilojen vaihteluun, ennen kuin varsinaisen soratierakenteen sulaminen alkaa. Vuosittaiset otosaluekohtaiset sulamisaikamuuttujat on määriteltävä aikana (vk), joka kuluu kumulatiivisen lämpöastesumman kasvamiseen arvosta 1500 Kh arvoon 7500 Kh (taulukko 7).

Taulukko 7. Otosalueiden routaantumis- ja sulamisaikamuuttujat.

Otosalue	Alue 1 eteläinen	Alue 2 läntinen	Alue 3 keskinen	Alue 4 itäinen	Alue 5 pohjoinen
Routaantumisaika [vk]					
Talvi 1995 –1996	8	8	5.5	5	3.5
Talvi 1996 –1997	13	11	7	6	5
Talvi 1997 –1998	14.5	13	9.5	9	7
Sulamisaika [vk]					
Kevät 1996	4.5	4.5	4	4	4.5
Kevät 1997	6	6	4.5	4.5	4
Kevät 1998	5	5.5	5	5	5

Tarkasteluvuosina routaantumiseen kului eniten aikaa rannikkoseutujen alueilla, joissa todennäköisimmin esiintyy myös pitkällä aikavälillä hyvin leutoja talvia. Aika vaihteli vuosien välillä suurimmillaan yli 8 viikkoa. Pienin vaihteluväli oli pohjoisen alueella, jossa leudon ja kylmän talven välinen ero ei yleensä ole hyvin suuri. Roudan sulamiseen kulunut aika ei vaihdellut

huomattavasti niin tarkasteluvuosien kuin otosalueidenkaan välillä. Saatu tulos näyttäisi tukevan yleistä käsitystä, että lämpöastesumman kertymä vaihtelee vuosittain hyvin vähän. Siten lämpöastesumman vaikutus roudan sulamiseen olisi kevästä toiseen lähes yhtä suuri.

3.5 Runkokelirikon ja ilmastomuuttujien välinen yhteys

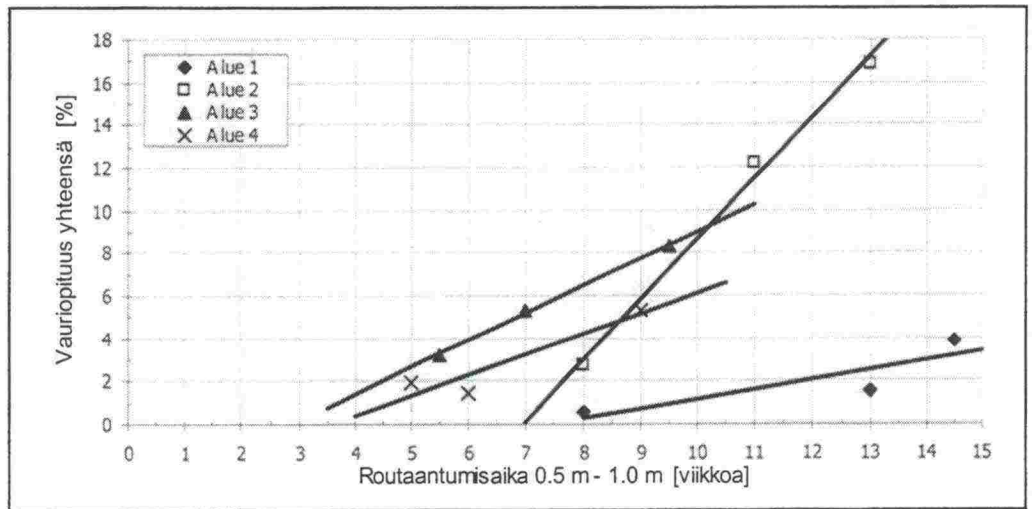
Soratiestön runkokelirikon ja ilmastomuuttujien välisiä yhteyksiä on selvitetty tutkimalla otosalueiden runkokelirikon vauriopituuksia ja vallinneita ilmastolosuhteita. Selvitystyön perusajatuksena on ollut selvittää vuosien välillä olevat erot muuttujien arvoissa. Selittäjien arvojen välille on löydettävä selkeät erot, jotta tarkastelua voidaan pitää realistisena. Tarkastelun apukeinona on käytetty vertailusuureiden välisten korrelaatiokerrointen määrittämistä aineiston laajuuden vuoksi (liite 2). Määritettyjä korrelaatioita ei tule kuitenkaan käsitellä täsmällisenä tietona tällä tutkimusaineistolla.

Parhaiten runkokelirikon vauriopituuksien muutoksia selittivät yöpakkasvuorokausien lukumäärä roudan sulamiskaudella, routaantumisaika sekä roudan sulamisaika. Alueittain tarkasteltuna vaihtelevammin vauriopituuksien kanssa korreloivia ilmastomuuttujia olivat talven pakkasmäärä sekä kevään ja syksyn sademäärä. Ilmastotekijöiden avulla ei kuitenkaan pystytä täysin selittämään vauriopituuksien välisiä eroja. Alueiden maaperän laatu on toinen asiaan vaikuttava tekijä. Etelä-Suomessa hyvin yleisesti esiintyvä savi- maaperä ei ole niin routivaa kuin esimerkiksi siltti, saven heikon vedenläpäisevyyden vuoksi. Keski-Suomen maaperä taas on tunnetusti herkästi routivaa. Soratierakenteilla maaperän vaikutus korostuu, koska soratiet ovat usein rakentamattomia, ja pohjamaan päällä olevat kerrokset ovat ohuita.

Roudan sulamiskaudella esiintyvien yöpakkasvuorokausien lukumäärä helpotti aineiston perusteella runkokelirikkotilannetta. Keväinä, jolloin yöpakkasvuorokausien lukumäärä oli suurin, oli runkokelirikkovaurioiden määrä vähäinen ($r = 0.9 - 1.0$). Tarkastelualueilla 1-4 vastaavuus oli voimakas. Alueen 5 (pohjoinen) osalta vastaavuus oli selvästi heikompi ($r = 0.3$).

Routaantumisaika eli aika, joka kuluu soratierakenteen jäätyessä 0.5 metristä 1.0 metriin, oli aineiston perusteella sitä pitempi mitä suurempi runkokelirikon vauriopituus alueella oli. Nopea lämpötilan kylmeneminen, ja siten nopeasti kumuloituva pakkasmäärä, lyhensi jäätymiseen kulunutta aikaa. Leudot syksyn ja alkutalven olosuhteet taas pidensivät routaantumisaikaa. Myös routaantumisajan vastaavuus oli tarkastelualueiden 1-4 osalta erittäin hyvä ($r = 0.9 - 1.0$), ja ainoastaan alueella 5 (pohjoinen) selvästi heikompi.

Tarkasteluvuosien perusteella routaantumiseen kuluva aika oli rannikko-seutujen olosuhteissa (alueet 1 ja 2) selvästi pitempi kuin mantereisen ilmaston alueilla 3 ja 4 (kuva 10). Eteläisellä alueella 1 vauriopituuksien suhteellinen osuus jäi kuitenkin pieneksi. Läntisellä alueella 2 routaantumisajan pitenemisen vaikutus vauriopituuksien suhteelliseen osuuteen oli tarkastelualueista voimakkain.



Kuva 10. Vauriopituuksien ja routaantumiseen kuluneen ajan välinen riippuvuus alueilla 1-4, kun tarkasteltavana on syvyys 0.5 metristä 1.0 metriin.

Kummallakin mantereisella alueella vauriopituuksien suhteellisen osuuden kehittyminen routaantumiseen kuluneen ajan suhteen oli samaa suuruusluokkaa. Itäisen tarkastelualueen 4 vaurioprosentit olivat kuitenkin hieman pienemmät kuin keskeistä Suomea kuvaavan alueen 3.

Sulamisajaksi eli ajaksi, joka kuluu soratien pinnasta tapahtuvaan sulamiseen välillä 0.25 m – 0.75 m, saatiin tutkimuksessa pienimmät arvot, kun vastaavat runkokelirikon vauriopituudet olivat lyhimmillään. Aikainen ± 0 °C lämpimämpi jakso, ja aikaiseen kevään tuloon usein liittyvä lämpötilan huomattava vaihtelu nollan ylä- ja alapuolella, oli yhteydessä suuriin vauriomääriin. Tasainen kevään tulo eli pienet lämpötilojen vaihtelut sulamiskaudella näyttivät olevan yhteydessä pieniin vauriomääriin.

Roudan sulamisajan ja runkokelirikon määrien välinen vastaavuus oli hyvä ($r = 0.8 - 1.0$). Eteläisellä alueella 1 vastaavuus oli selvästi heikompi. Etelän poikkeavaa tulosta voi selittää alueen alhainen roudan tunkeutumissyvyys. Muutoinkin alueella routimisesta aiheutuvat ongelmat ovat muihin alueisiin verrattuna pienemmät.

Talven pakkasmäärän tarkastelu antoi samansuuntaisen tuloksen alueilla 1-3, joissa korkeampi pakkasmäärä tarkoitti lyhyempää runkokelirikon vauriopituutta. Alueilla 4 ja 5 ei talven pakkasmäärän ja vauriopituuksien välille aineiston perusteella löydetty vastaavaa yhteyttä. Tarkastelutalvista yksikään ei kuitenkaan ollut huomattavan kylmä tai vastaavasti leuto, jolloin muuttujien vaihteluväli olisi ollut suurempi. Alueilla 1-3, joissa vaikutus oli löydettävissä, yksi talvikausi (1995-1996) oli kuitenkin hieman keskimääräistä kylmempi.

Syksyn sademäärän kasvaminen lisäsi runkokelirikon vauriopituuksia alueilla 1, 2 ja 5. Alueilla 3 ja 4 tällaista yhteyttä ei voitu suoraan havaita. Tarkasteluvuosina syksyt olivat joko hyvin kuivia tai sademääriltään lähellä keskimääräistä. Siksi, ainakaan syksyn sateiden perusteella, soratierakenteiden kosteusolosuhteet eivät tarkasteluvuosina olleet kovin vaikeita.

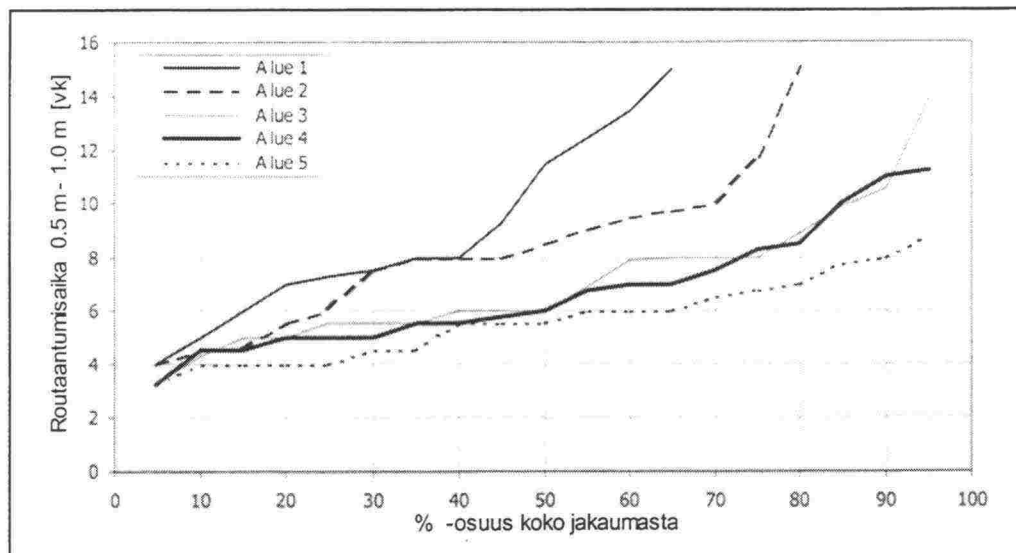
Suurempi sulamiskauden sademäärä näkyi pitempinä runkokelirikon vauriopituuksina alueilla 1, 4 ja 5. Alueiden 2 ja 3 antamat tulokset olivat poikkeavia. Yleisemmin, lukuunottamatta aluetta 3, vauriopituudet olivat pisimmät keväänä 1998, jolloin sademäärät olivat 1.4 -1.5 kertaa keskimääräistä suurempia.

Selvitystyön perusteella parhaiten soratiestön runkokelirikkovaurioiden laajuutta ja laatua selittävä ilmastomuuttuja oli routaantumiseen kulunut aika (routaantumisaika). Vaikka yöpakkasvuorokausien lukumäärän ja roudan sulamisajan vastaavuudet olivat lähes kaikilla tarkastelualueilla hyvät, niiden kykyä selittää vauriopituuksien muutoksia ei voi pitää tarpeeksi täsmällisenä. Routaantumisaika oli ilmastomuuttujista ainoa, jonka arvot erosivat toisistaan huomattavasti kolmen vuoden tarkastelujakson aikana.

3.6 Ilmasto-olosuhteiden vaihtelu pitkällä aikavälillä

Ilmasto-olosuhteiden käyttäytymistä pitkällä aikavälillä on selvitetty, määrittämällä alueittain samat ilmastomuuttujat kuin 3 vuoden tarkastelussa, vuosittain 30 vuoden aikajaksolla 1967-1996. Pitkän aikavälin ilmastomuuttujien määrittäminen on suoritettu, jo esitettyä menettelyä käyttäen, Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksista, jolloin tiedot ovat vertailukelpoisia 3 tarkasteluvuoden aineiston kanssa. Pitkän aikavälin tiedoista selvitettiin ilmasto-olosuhteiden jakaumat, jolloin nähtiin, millaiset olosuhteet keskimäärin toistuvat tiettyjen vuosien välein (liite 3).

Kolmen vuoden tarkastelujakson perusteella parhaiten runkokelirikon vauriopituuksia selittävän routaantumisaajan jakauma vuosilta 1967-1996 on esitetty kuvassa 11. Routaantumiseen kuluneen ajan maksimiarvoksi on asetettu 15 viikkoa. Yli 15 viikkoa pitkä routaantumisaika tarkoittaa käytännössä, että kyseisenä vuonna soratierakenne tarkastelualueella ei ole jäätynyt 1.0 metrin syvyyteen saakka. Leutoina talvina sorateillä roudan tunkeutumissyvyys jää varsin alhaiseksi. Samanlaisia havaintoja on esitetty myös muissa tutkimuksissa /4/.



Kuva 11.

Routaantumisaajan jakauma jaksolta 1967-1996.

Jakauman perusteella eteläisellä alueella 1 noin 35 % vuosista on ollut niin leutoja, että soratierakenne ei ole jäänyt koko talven aikana 1.0 metrin syvyyteen. Vastaavasti läntisellä alueella 2 tällaisten vuosien osuus on ollut 20 %. Muilla mantereisen ilmaston alueilla 1.0 metrin routaantumissyvyys on saavutettu jokaisena jakson vuotena.

Määritetyissä jakaumissa 50 % osuus tarkoittaa, että kyseiset ilmastomuuttujan arvot vastaavat keskimäärin joka toinen vuosi esiintyviä olosuhteita. Arvopari 10 / 90 % vastaa keskimäärin kerran kymmenessä ja arvopari 20 / 80 % keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyneitä olosuhteita. Vielä on huomattava, että arvot 10 % ja 20 % vastaavat keskimääräistä pienempiä sekä arvot 80 % ja 90 % keskimääräistä suurempia muuttujan arvoja.

Tarkastelualueilla jaksolla 1967-1996 keskimäärin kerran kahdessa (I_2), viidessä (I_5 ja $I_{.5}$) ja kymmenessä (I_{10} ja $I_{.10}$) vuodessa esiintyneet ilmastomuuttujien arvot on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Keskimääräiset ilmastomuuttujien arvot 30 vuoden jaksolla 1967-1996.

Ilmastomuuttuja	Alue 1 eteläinen	Alue 2 läntinen	Alue 3 keskinen	Alue 4 itäinen	Alue 5 pohjoinen
Syksyn sademäärä [mm]					
I_{-10} , vähäsateinen	166	119	153	138	107
I_{-5} , vähäsateinen	183	147	165	163	129
I_2	224	177	210	200	176
I_5 , runsassateinen	270	209	258	240	215
I_{10} , runsassateinen	308	227	277	266	264
Routaantumisaika [viikkoa]					
I_{-10} , nopea	5	4.5	4.5	4.5	4
I_{-5} , nopea	7	5.5	5	5	4
I_2	11.5	8.5	6	6	5.5
I_5 , hidas	>15	15	9	8.5	7
I_{10} , hidas	>15	>15	10.5	11	8
Talven pakkasmäärä [Kh]					
I_{-10} , leuto	5200	7300	12900	13400	24700
I_{-5} , leuto	7800	11800	17800	19200	31800
I_2	14100	20300	26100	26700	41800
I_5 , kylmä	20400	25100	31000	31900	49400
I_{10} , kylmä	24000	29000	32700	35400	53100
Sulamis aika [viikkoa]					
I_{-10} , nopea	3.5	4	3	3.5	4
I_{-5} , nopea	4	4	3.5	3.5	4
I_2	4.5	5	4.5	4.5	4.5
I_5 , hidas	5.5	5.5	5.5	5.5	5
I_{10} , hidas	5.5	6	5.5	5.5	5
Kevään sademäärä [mm]					
I_{-10} , vähäsateinen	84	67	75	87	72
I_{-5} , vähäsateinen	96	74	99	93	79
I_2	128	100	137	134	118
I_5 , runsassateinen	147	127	172	171	153
I_{10} , runsassateinen	170	147	179	205	164
Yöpakkasvuorokausien lkm [kpl]					
I_{-10} , vähän	13	16	21	13	20
I_{-5} , vähän	15	18	23	19	23
I_2	22	24	28	25	26
I_5 , runsaasti	28	30	38	32	31
I_{10} , runsaasti	33	36	41	36	38

3.7 Tarkasteluvuosien 1996-1998 järjestys 30 vuoden jaksolla

Tarkasteluvuosien 1996-1998 keskinäinen luokittelu on suoritettu routaantumiseen kuluneen ajan perusteella, koska 3 vuotena selvästi toisistaan poikennut routaantumisaika korreloi hyvin runkokelirikon vauriopituuksien kanssa. Lisäksi pitkällä aikavälillä 1967-1996 routaantumisaajan jakauman

vaihteluväli on ollut niin suuri, että luokittelu on järkevää. Luokittelu osoittaa, kuinka ongelmalliset tarkasteluvuosina vallinneet olosuhteet ovat runkokelirikon esiintymistä ajatellen olleet (taulukko 9).

Taulukko 9. Otosalueiden routaantumisaajan jakaumat jaksolla 1967-1996 ja tarkasteluvuosien 1996, 1997 sekä 1998 sijainti pitkän aikavälin suhteen.

Otosalue / Fraktiili	Alue 1 Eteläinen	Alue 2 läntinen	Alue 3 keskinen	Alue 4 itäinen	Alue 5 pohjoinen
5 -%	4	4	3.2	3.25	3.25 -96
10 -%	5	4.5	4.3	4.5	4
15 -%	6	4.5	5	4.5	4
20 -%	7	5.5	5	5	4
25 -%	7.25	6	5.5	5 -96	4
30 -%	7.5	7.5	5.5 -96	5	4.5
35 -%	8 -96	8 -96	5.5	5.5	4.5
40 -%	8	8	6	5.5	5.5 -97
45 -%	9.25	8	6	5.75	5.5
50 -%	11.5	8.5	6	6 -97	5.5
55 -%	12.5 -97	9	6.9 -97	6.75	6
60 -%	13.5	9.5	7.9	7	6
65 -%	15	9.75	8	7	6
70 -%	15	10	8	7.5	6.5
75 -%	15	11.75 -97	8	8.25	6.75
80 -%	15 -98	15 -98	8.9	8.5 -98	7 -98
85 -%	15	15	9.9 -98	10	7.75
90 -%	15	15	10.6	11	8
95 -%	15	15	13.9	11.25	8.75

Tutkimuksen perusteella kevään 1996 runkokelirikkotilanteeseen vaikuttanut kausi 1995-1996 vastasi keskimäärin kerran 3 vuodessa esiintyviä helppoja olosuhteita. Kaudella 1996-1997 vallinneet olosuhteet taas olivat pitkän aikavälin perusteella tunnusomaiset keskimääräisen eli ns. normaalin vuoden olosuhteet. Kauden 1997-1998 vaikutus kevään 1998 runkokelirikkotilanteeseen vastasi keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyviä vaikeita olosuhteita.

Kevään 1998 tilannetta eli keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyvää vaikeaa runkokelirikkotilannetta tullaan käyttämään peruslähtökohtana runkokelirikon laajuutta ja laatua tutkittaessa. Vuoden 1998 vauriopituudet eivät kuitenkaan sellaisenaan kuvaa todellista soratiestöllä vallitsevaa tilannetta, koska vauriokohdat eivät eri vuosina välttämättä sijaitse samalla kohtaa. Runkokelirikkovaurioiden potentiaalisen osuuden arvioimiseksi vauriopituuksiin tulee tehdä lisäys, joka vastaa aikaisempina vuosina havaittuja, mutta tarkasteluvuonna havainnoimattomia vauriokohtia.

4 RUNKOKELIRIKON LAAJUUS JA LAATU SORATIESTÖLLÄ

4.1 Tutkimusaineisto

Runkokelirikon laajuutta ja laatua tutkittaessa lähtöaineistona on ollut runkokelirikon inventointiaineisto keväiltä 1996, 1997 ja 1998 sekä vuosittain päivitettävä soratierekisteri koko Suomen soratiestöltä. Lähtöaineisto on saatu suoraan tiepiirien rekistereistä. Tierekisteri- ja inventointitiedot on linkitetty toisiinsa käyttäen tunnistimena tienumeroja ja tieosanumeroja.

Soratierekisterin tiedot olivat muutamissa tiepiireissä osittain vuoden 1998 tieverkolle päivitettyjä. Tarkasteluvuosien aikana soratiestöllä on suoritettu kunnostustoimenpiteitä ja vuosittain osa sorateista on päällystetty. Toimenpiteet lyhentävät soratiepituuksia korkeintaan muutamalla kymmenellä kilometrillä vuodessa, joten runkokelirikon laajuutta tutkittaessa muutosten vaikutus on lähes olematon.

Runkokelirikon vauriopituuksien ja -luokituksen osalta käytettävissä on ollut 8 piirin inventointitiedot. Uudenmaan tiepiiristä inventointitietoja ei löytynyt. Uudenmaan soratiet onkin poistettu tutkimusaineistosta, kun yhtäaikaaisesti tarkasteltavana on ollut koko maa, jotta ne eivät vaikuttaisi vääristävästi tutkimuksen tuloksiin. Käytännössä runkokelirikon esiintyminen Uudella maalla lienee suhteellisesti samaa suuruusluokkaa kuin Turun tiepiirissä.

Tiepiirien välillä on oletettavasti tulkintaeroja runkokelirikon vaurioita tilastotaessa. Tulkintaerot johtuvat inventointitavasta, jossa joka tiepiirissä oma ryhmä suorittaa mittaukset. Sama poikkeama on luultavasti myös ryhmän sisällä, mutta inventointituloksia tarkasteltaessa voidaan käytännössä viitata vain tiepiirien välisiin tulkintaeroihin. Tulkintaa vaikeuttaa vauriopituuksien vaihtelu tiepiireittäin tai jopa yksittäisiä teitä inventoitaessa piirien sisällä. Alueella, jossa on yleisesti runsaasti vaurioita, voi osa vaurioista tilastoitua suhteellisesti lievemmiksi kuin alueella, missä on vähän vaurioita.

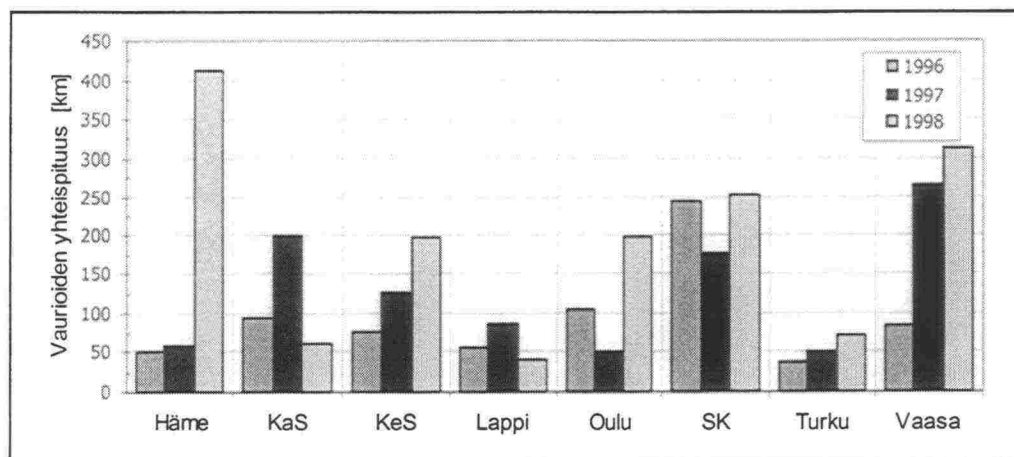
Selvimmän inventointimenettely näyttäisi poikkeavan Kaakkois-Suomen ja Vaasan tiepiireissä. Kaakkois-Suomessa vauriopituus pieneni kevään 1997 200 km:stä kevään 1998 noin 60 km:iin. Vaasan tiepiirissä taas oli selvästi pisimmät ja vaikeimmat runkokelirikkovauriot keväänä 1997 ja 1998. Kun muissa tiepiireissä vauriokohtien pituudet olivat yleensä kymmenissä tai sadoissa metreissä, Vaasan tiepiirissä on vauriopituutena käytetty lähinnä satoja metrejä ja jopa kilometrejä.

4.2 Runkokelirikon laajuus ja laatu inventointiaineiston perusteella

4.21 Runkokelirikkovaurioiden esiintyminen tiepiireittäin

Kevään 1996 runkokelirikkoinventointien mukaan kaikkien vaurioluokkien yhteispituus oli suurin, eli lähes 250 km, Savo-Karjalan tiepiirissä (kuva 12). Kyseisenä vuonna lyhyimmät inventoidut runkokelirikkovauriot olivat Turun,

Hämeen ja Lapin tiepiireissä, joissa kussakin vauriopituus oli noin 50 km. Vuoden 1996 ilmasto-olosuhteet vastasivat pitkällä aikavälillä kerran 3 vuodessa esiintyviä helppoja olosuhteita.



Kuva 12. Runkokelirikon vauriopituudet tiepiireittäin vuosina 1996, 1997 ja 1998.

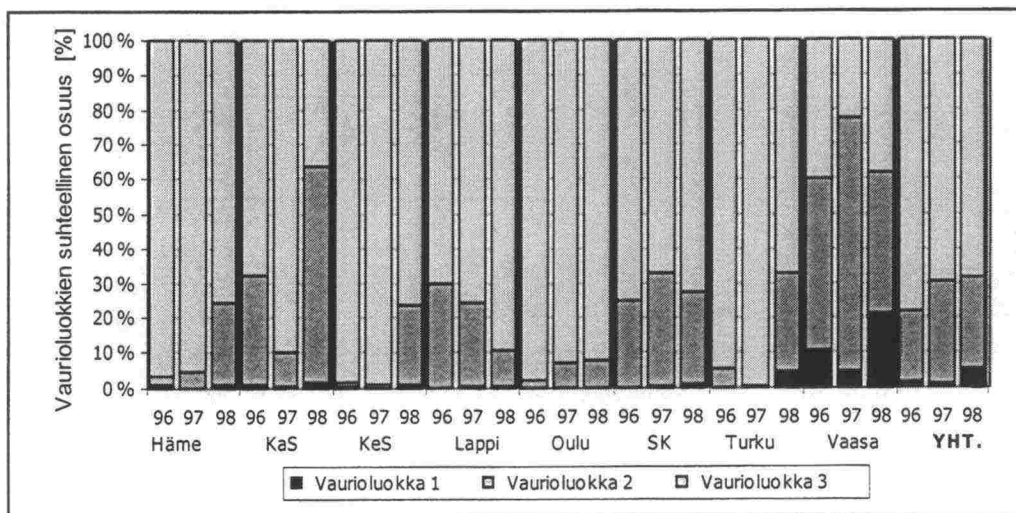
Vuonna 1997, jolloin ilmasto-olosuhteet vastasivat keskimääräistä vuotta, kevään inventointien perusteella vaurioiden suurimmat yhteispituudet olivat Vaasan tiepiirissä (noin 260 km) ja Kaakkois-Suomen tiepiirissä (noin 200 km). Lyhimmat runkokelirikkovaurioiden yhteispituudet, eli noin 50-60 km, havaittiin Turun, Oulun ja Lapin tiepiireissä.

Keväällä 1998 havaittujen runkokelirikkovaurioiden yhteispituus oli ylivoimaisesti suurin Hämeen tiepiirissä, jossa aineiston perusteella oli yli 410 km vaurioluokkiin 1, 2 tai 3 kuuluvia runkokelirikkovaurioita. Hämeessä vuoden 1998 vauriopituuksien ero edellisiin tarkasteluvuosiin oli 7-8 -kertainen. Oulun tiepiirissä keväällä 1998 havaittujen vaurioiden yhteispituus oli kaksinkertainen kevääseen 1996 verrattuna ja nelinkertainen kevääseen 1997 verrattuna. Vaasan tiepiirissä vaurioiden yhteispituus oli huomattavan suuri (yli 310 km) myös vuonna 1998.

Vaikka ilmasto-olosuhteet olivat tarkastelujakson vaikeimmat vuonna 1998 (keskimäärin kerran 5 vuodessa esiintyvät), Kaakkois-Suomen ja Lapin tiepiireissä havaittiin 3 vuoden tarkastelujakson ajalta pienimmät vauriopituudet. Kaakkois-Suomessa vuosien 1997 ja 1998 välinen ero oli jopa yli 3-kertainen. Runkokelirikkovaurioiden yhteispituuden vaihtelu vuosien 1996, 1997 ja 1998 välillä oli pienin Turun ja Savo-Karjalan tiepiireissä.

4.22 Runkokelirikon jakautuminen vaurioluokkiin

Vakavien vaurioiden eli vaurioluokan 1 suhteellinen osuus runkokelirikkovaurioista oli tarkasteluvuosina pääsääntöisesti hyvin pieni, luokkaa 0-2 % (kuva 13). Poikkeuksina olivat Turun ja Vaasan tiepiirit. Turun tiepiirissä vuonna 1998 havaittujen vakavien vaurioiden suhteellinen osuus oli lähes 5 %. Vaasan tiepiirissä vakavia vaurioita oli pienimmilläänkin (vuonna 1997) lähes 5 %, ja keväällä 1998 vaurioluokkaa 1 oli havaittu olevan lähes 22 % runkokelirikkovaurioista.



Kuva 13. Runkokelirikon vaurioluokkien suhteelliset osuudet tiepiireittäin vuosina 1996, 1997 ja 1998.

Liikennettä tuntuvasti haittaavien, vaurioluokan 2 runkokelirikkovaurioiden suhteellinen osuus oli jo huomattavan suuri. Vaurioluokan 2 suhteelliset osuudet vaihtelivat kuitenkin suuresti, niin tiepiirien kuin tarkasteluvuosienkin mukaisesti, alle yhdestä prosentista yli 60 prosenttiin.

Lievien vaurioiden (vaurioluokka 3) suhteellinen osuus oli pääsääntöisesti suurin, ollen suurimmillaan lähes 100 %. Kuitenkin kevään 1998 inventointien perusteella Kaakkois-Suomen tiepiirissä lievien vaurioiden osuus oli 36 %, kun liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioita oli lähes 62 %. Ainoastaan Vaasan tiepiirissä vaurioluokan 3 suhteellinen osuus on ollut kaikkina tarkasteluvuosina pienempi kuin vaurioluokan 2.

Vuosien välisiä eroja tarkasteltaessa erottuivat Hämeen, Kaakkois-Suomen, Keski-Suomen ja Turun tiepiirit, joissa vuoden 1998 vaurioluokan 3 suhteellisissa osuuksissa oli huomattava ero vuosiin 1996 ja 1997 verrattuna. Kun Hämeessä, Kaakkois-Suomessa ja Keski-Suomessa lievien vaurioiden suhteellinen osuus on pienentynyt vuodeksi 1998, vastaavasti vaurioluokan 2 osuus on suurempi kuin vuosina 1996 ja 1997. Turun tiepiirissä lievien vaurioiden osuuden pieneneminen vaikutti huomattavasti myös vakavien vaurioiden suhteelliseen osuuteen. Suhteellisten osuuksien perusteella edellä mainituissa tiepiireissä runkokelirikkovauriot olisivat siis pahentuneet voimakkaimmin kolmen vuoden tarkastelujakson aikana. Savo-Karjalan ja Oulun tiepiireissä suhteelliset osuudet taas olivat pysyneet suuruusluokaltaan lähes samoina tarkasteluvuosien aikana.

4.23 Runkokelirikkovauriot soratiepituuksien suhteen

Tiepiirien kaikkien sorateiden pituuksiin suhteutettuna vakavien runkokelirikkovaurioiden prosentuaalinen osuus on yleisesti ollut kolmena tarkasteluvuotena suuruusluokaltaan prosentin sadas- tai kymmenesosa (taulukko 10). Keväällä 1998 vakavien vaurioiden prosenttiosuudet olivat suurimmat Vaasan (2.25 %), Turun (0.16 %), Hämeen (0.13 %) ja Keski-Suomen (0.09 %) tiepiireissä.

Taulukko 10. Runkokelirikon vaurioluokkien pituudet ja %-osuudet tiepiirien soratiepituuksista vuosina 1996, 1997 ja 1998.

Tie- piiri	1996			1997			1998		
	VI 1 *	VI 2 **	VI 3 ***	VI 1 *	VI 2 **	VI 3 ***	VI 1 *	VI 2 **	VI 3 ***
	[%] / [m]	[%] / [m]	[%] / [m]	[%] / [m]	[%] / [m]	[%] / [m]	[%] / [m]	[%] / [m]	[%] / [m]
Häme	0.02 % 579 m	0.04 % 1351 m	1.55 % 48370 m	0 % 0 m	0.09 % 2720 m	1.80 % 56128 m	0.13 % 4140 m	3.08 % 95989 m	10.05 % 313481 m
KaS	0.04 % 1350 m	0.79 % 29154 m	1.73 % 64270 m	0.05 % 1698 m	0.49 % 18351 m	4.89 % 181540 m	0.03 % 1190 m	1.01 % 37646 m	0.59 % 22048 m
KeS	0.01 % 310 m	0.05 % 1274 m	3.14 % 75472 m	0.00 % 60 m	0.05 % 1145 m	5.29 % 127054 m	0.09 % 2115 m	1.87 % 44940 m	6.34 % 152274 m
Lappi	0.01 % 150 m	0.55 % 15962 m	1.32 % 38444 m	0.02 % 620 m	0.70 % 20443 m	2.27 % 66032 m	0.01 % 224 m	0.14 % 3998 m	1.19 % 34698 m
Oulu	0 % 0 m	0.05 % 2430 m	2.24 % 102470 m	0.00 % 49 m	0.08 % 3663 m	1.02 % 46666 m	0.00 % 204 m	0.33 % 15046 m	4.01 % 183533 m
SK	0.01 % 680 m	1.18 % 60705 m	3.57 % 182966 m	0.01 % 755 m	1.12 % 57401 m	2.34 % 119793 m	0.05 % 2324 m	1.28 % 65752 m	3.55 % 182152 m
Turku	0 % 0 m	0.09 % 2080 m	1.61 % 35513 m	0 % 0 m	0.01 % 310 m	2.25 % 49731 m	0.16 % 3457 m	0.92 % 20246 m	2.18 % 48313 m
Vaasa	0.30 % 8930 m	1.38 % 41449 m	1.11 % 33336 m	0.39 % 11841 m	6.38 % 191944 m	1.99 % 59954 m	2.25 % 67565 m	4.17 % 125482 m	3.95 % 118742 m
Yht.	0.04 % 11999 m	0.57 % 154405 m	2.15 % 580841 m	0.06 % 15023 m	1.09 % 295977 m	2.61 % 706898 m	0.30 % 81219 m	1.51 % 409099 m	3.90 % 1055241 m

* VI 1 = vaurioluokka 1 ** VI 2 = vaurioluokka 2 *** VI 3 = vaurioluokka 3

Liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden prosentuaalinen osuus soratiepituuksista on yleisesti ottaen ollut korkeintaan yhden prosentin luokkaa keväiden 1996 ja 1997 inventointien perusteella. Keväällä 1998 vaurioluokan 2 osuus oli yleisimmin luokkaa 1-4 %, paitsi Lapin ja Oulun tiepiireissä, joissa havaittiin huomattavasti pienempiä prosenttiosuuksia.

Suurimmat lievien runkokelirikkovaurioiden osuudet havaittiin Hämeen tiepiirissä (yli 10 %) ja Keski-Suomen tiepiirissä (yli 6 %), kevään 1998 inventointien yhteydessä.

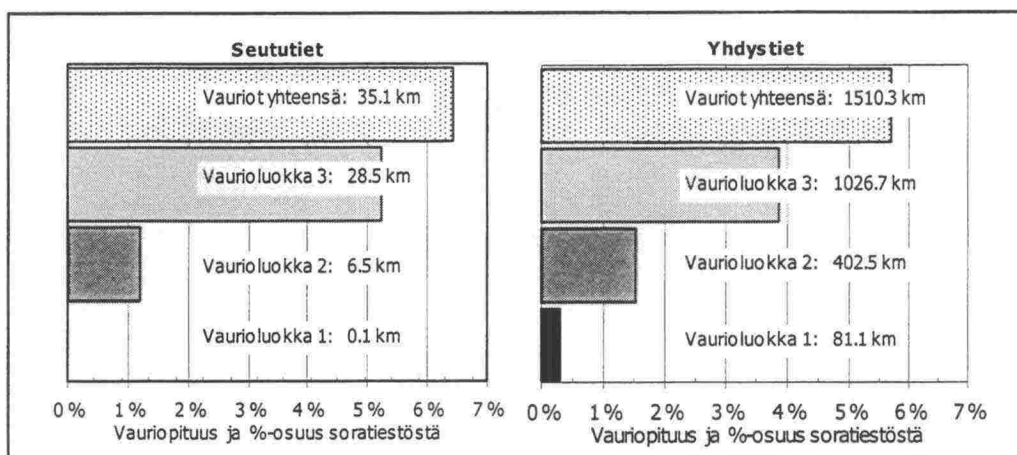
Jos runkokelirikon vakavuuden mittarina käytetään vuoden 1998 vaurioiden osuutta koko soratiepituudesta, runkokelirikkotilanne on pahin Hämeen, Vaasan ja Keski-Suomen tiepiireissä. Vaurio-osuudet olivat pienimmät Lapin ja Kaakkois-Suomen tiepiireissä.

4.24 Runkokelirikkovauriot ja toiminnallinen tieluokka

Suomen soratiekilometreistä lähes 98 % luokitellaan yhdysteiksi ja vain 2 % soratiestöstä kuuluu toiminnalliselta luokaltaan seututeihin. Kantateiden osuus on 0.2 %, joka muodostuu yhdestä Lapin tiepiirissä olevasta soratiestä.

Vuoden 1998 aineistosta määritetyt runkokelirikon vauriopituudet jakautuivat toiminnallisiin tieluokkiin samassa suhteessa. Soratiestön runkokelirikkovaurioista 97.7 % esiintyi yhdysteillä ja 2.3 % seututeillä. Kantateillä vaurioita ei havaittu. Soratiepituuksien ja vauriopituuksien perusteella laskettuna noin 6 % seutu- ja yhdysteistä sisälsi runkokelirikkovaurioita (kuva 14). Osuudel-

taan suurin vaurioluokka oli lievät vauriot, joita esiintyi seututeistä hieman yli 5 %:lla ja yhdysteistä noin 4 %:lla. Runkokelirikkovaurioiden kilometrimäärissä oli toiminnallisten luokkien välillä kuitenkin huomattava ero.



Kuva 14. Runkokelirikkovaurioiden %-osuudet soratiepituuksista sekä vauriopituudet soratiestön toiminnallisen luokan mukaisesti.

Tiepiireittäin tarkasteltuna seututeillä runkokelirikon vauriopituus oli suurin Keski-Suomen ja Oulun tiepiireissä (taulukko 11). Soratiepituuksien suhteen laskettuna vaurio-osuudet olivat suurimmat Hämeen ja Keski-Suomen tiepiireissä, joissa noin neljännes sorateistä sisälsi runkokelirikkovaurioita. Yhdysteillä pisimmät vauriopituudet havaittiin Hämeen ja Vaasan tiepiireissä, vaurioluokassa 1 ja 2. Käytännössä yhdysteiden vauriutilanne vastaa koko soratiestöllä vallitsevaa tilannetta, koska yhdystiet kattavat siitä 98 %.

Taulukko 11. Soratiestön ja runkokelirikkovaurioiden pituudet tiepiireittäin toiminnallisen tieluokan mukaisesti.

Tiepiiri	Seututiet				Yhdystiet			
	Soratiet [km]	VI 1* [m]	VI 2** [m]	VI 3*** [m]	Soratiet [km]	VI 1* [m]	VI 2** [m]	VI 3*** [m]
Häme	3.6	0	590	360	3116.1	4 140	95 399	313 121
KaS	44.1	0	1 050	0	3664.9	1 190	36 596	22 048
KeS	72.4	120	3 605	13 951	2328.5	1 995	41 335	138 323
Lappi	235.9	0	78	2 047	2631.2	224	3 858	32 651
Oulu	73.3	0	0	10 625	4505.7	204	15 046	172 908
SK	83.5	0	1 060	160	5046.1	2 324	64 692	181 992
Turku	0	0	0	0	2212.5	3 457	20 246	48 313
Vaasa	33.4	0	130	1 359	2973.1	67 565	125 352	117 383
Yht.	546.2	120	6 513	28 502	26478.1	81 099	402 524	1026 739

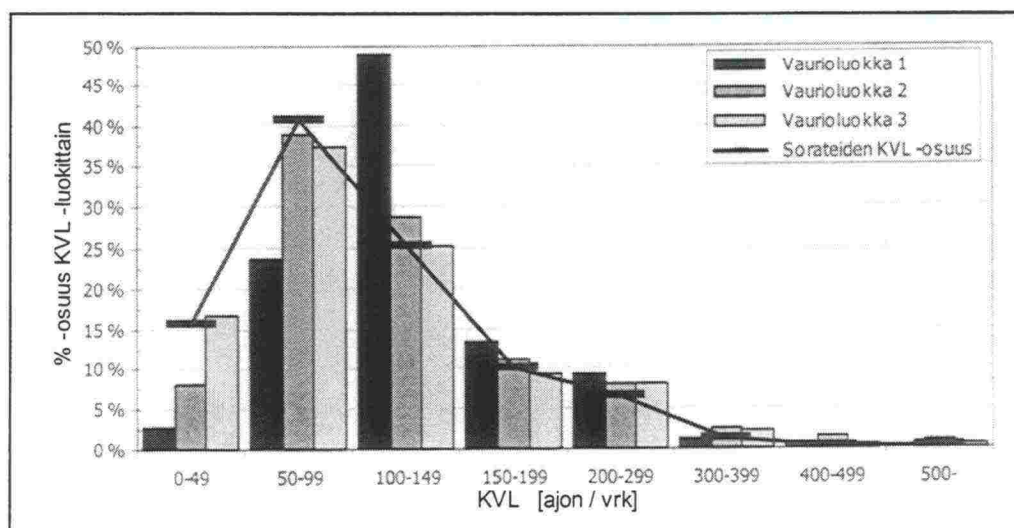
* VI 1 = vaurioluokka 1 ** VI 2 = vaurioluokka 2 *** VI 3 = vaurioluokka 3

4.25 Runkokelirikkovauriot ja liikennemäärä

Runkokelirikkovaurioiden esiintymistä liikennemäärien suhteen on tarkasteltu kevään 1998 runkokelirikon vaurioinventointeja käyttäen. Tarkastelussa runkokelirikkovaurioita sisältävät tieosat on luokiteltu liikennemäärien perusteella. Liikennemääräluokittain määriteltiin, kuinka suuri prosentuaalinen osuus vauriopituuksista sisältyi kuhunkin luokkaan. Vaurioluokkien välisen

tarkastelun lisäksi vertailukohteena on käytetty koko soratieverkolla liikkuvien ajoneuvojen jakautumista vastaaviin liikennemääräluokkiin.

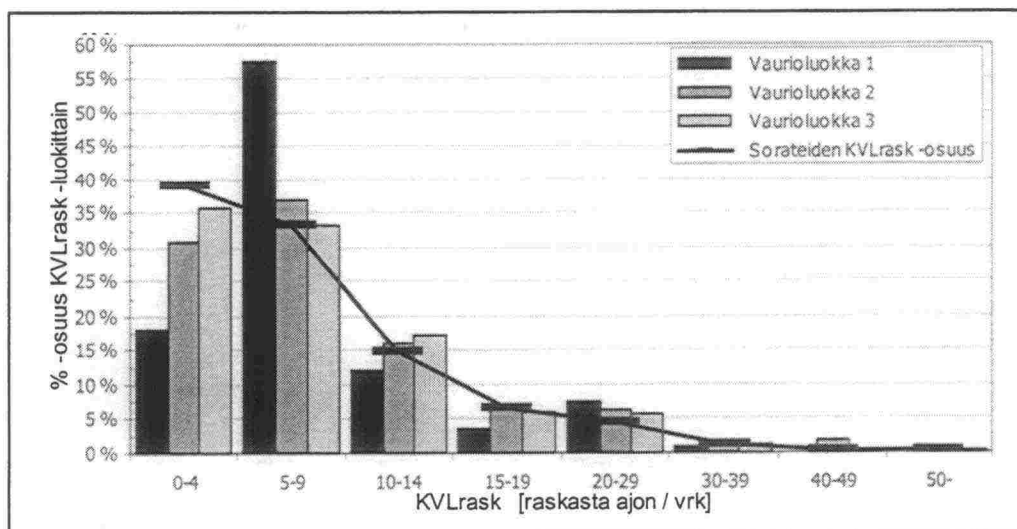
Keskimääräisen vuorokausiliikenteen (KVL) mukaisesti luokiteltu aineisto osoitti, että liikennettä tuntuvasti haittaavien ja lievien runkokelirikkovaurioiden prosentuaaliset osuudet olivat samaa suuruusluokkaa (kuva 15). Ainoastaan luokassa 0-49 ajon/vrk oli selvä ero. Vaurioluokkien 2 ja 3 osuudet olivat myös hyvin lähellä soratieverkolla liikkuvien ajoneuvojen osuuksia liikennemääräluokittain. Vakavien vaurioiden eli vaurioluokan 1 osuus oli suurimmillaan KVL:n ollessa välillä 100-149 ajon/vrk. Tarkasteluvälillä osuus oli lähes 50 % havaituista vakavista vaurioista ja noin kaksinkertainen soratieverkolla tapahtuvaan liikennöintiin verrattuna. Pienemmillä vuorokausiliikennemäärillä vakavien vaurioiden osuus oli jo huomattavasti pienempi kuin vastaava KVL -osuus soratieverkolla. Suuremmilla vuorokausiliikennemäärillä vaurioiden osuudet ovat pieniä jo tällaisia liikennemääriä sisältävien tieosien vähyyden vuoksi. Yli 90 %:sti sorateiden KVL on alle 200 ajon/vrk.



Kuva 15. Runkokelirikkovauriot soratieverkolla keskimääräisen vuorokausiliikenteen (KVL) mukaisesti luokiteltuna.

Raskaiden ajoneuvojen keskimääräisen vuorokausiliikenteen (KVL_{rask}) mukaisesti luokiteltuna vaurioluokkien 2 ja 3 prosentuaaliset osuudet noudattivat myös suhteellisen tasaisesti koko soratiestöllä liikkuvien raskaiden ajoneuvojen osuuksia (kuva 16). Eniten, eli lähes 60 %, vakavia vaurioita havaittiin, kun KVL_{rask} oli välillä 5-9 ajon/vrk. Vastaava KVL_{rask} -osuus koko soratiestöllä oli tällöin noin 33 %. Pienimmässä liikennemääräluokassa vakavien vaurioiden osuus oli noin puolet koko soratiestön raskaan liikenteen osuudesta. Suuremmista liikennemääräluokissa ero ei ollut huomattava.

Liikennemääräluokka 5-9 raskasta ajon/vrk, jossa suurin osa vakavista vaurioista oli, vastaisi 100 ajoneuvon keskimääräisellä liikennemäärällä alle 10 % raskaiden ajoneuvojen osuutta. Näin ajateltuna vakavia runkokelirikkovaurioita sisältävillä sorateilla ei tarkastelun perusteella liikennöi keskimääräistä suurempia raskaan kaluston määriä. Toisin sanoen vaurioita, ja varsinkin vakaviksi luokiteltavia, on syntynyt jo suhteellisen pienillä raskaiden ajoneuvojen määrillä. Noin 75 % vakavista runkokelirikkovaurioista esiintyi soratieosuuksilla, joissa KVL_{rask} oli alle 10 ajon/vrk.



Kuva 16. Runkokelirikkovauriot soratieverkolla raskaiden ajoneuvojen keskimääräisen vuorokausiliikenteen (KVL_{rask}) mukaisesti luokiteltuna.

4.3 Runkokelirikon vauriokohdat

4.31 Soratiestön pituus tiepiireittäin

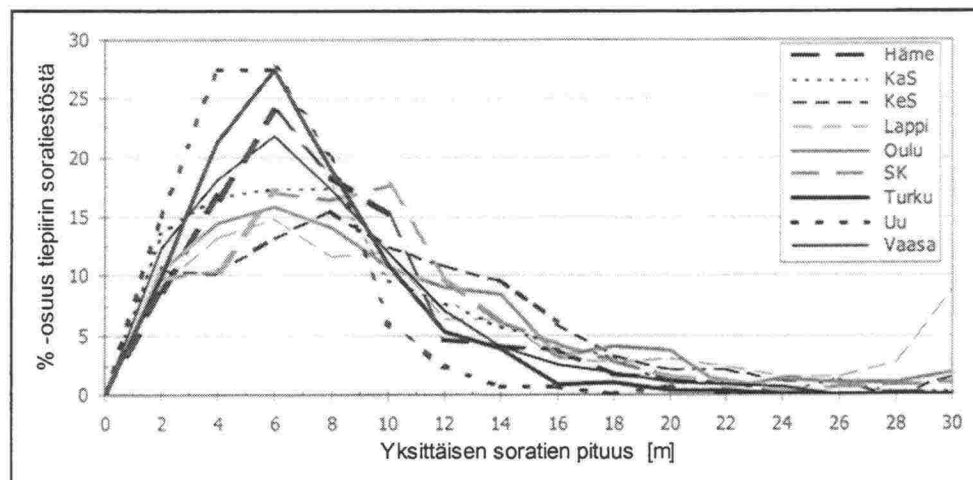
Kaikki 9 tiepiiriä kattavan soratierekisterin perusteella laskettu soratiepituus oli yhteensä 27 834 km, joka on noin 36 % Suomen yleisten teiden pituudesta /29/. Soratiekilometrit jakautuivat (taulukko 12) tiepiireittäin siten, että selvästi eniten soratiestöä oli Savo-Karjalan (5 130 km) ja Oulun (4 579 km) piireissä. Selvästi lyhin soratiepituus, eli 768 km, taas oli Uudellamaalla.

Taulukko 12. Soratiepituuksien jakautuminen tiepiireittäin vuonna 1998.

Soratiepituuksien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Uu	Vaasa	Koko maa
Yhteispituus [km]	3120	3709	2401	2910	4579	5130	2213	768	3006	27834
Lukumäärä [kpl]	451	498	266	250	520	615	376	161	454	3591
Pituus -25 % [m]	3971	3672	4654	4309	4022	4612	3331	2937	3480	3853
Pituus -50 % [m]	6097	6416	8203	8141	7183	7592	5282	4442	5729	6474
Pituus -75 % [m]	8836	10105	12300	14535	12065	10835	7871	6441	8749	10031
Keskiarvo [m]	6917	7448	9026	11639	8806	8341	5884	4767	6622	7751

Yksittäisten sorateiden pituuksissa oli selviä eroja. Lyhimmät soratiet sijaitsevat Uudenmaan ja Turun piireissä, ja soratiepituudet ovat suurimmillaan pohjoisessa, Oulun ja Lapin tiepiireissä sekä Keski-Suomen tiepiirissä. Oulussa, Lapissa ja Keski-Suomessa pituuksien keskiarvo on 1.5-2 kertaa suurempi kuin Turun tiepiirissä. Vastaavasti 50 % (mediaani) ja 75 % pituusfraktiilien kohdalla ero Turkuun nähden on noin 1.5-kertainen. Pituuserot ovat selvimmän huomattavissa tarkasteltaessa pituuksien prosentuaalisia osuuksia tiepiirin soratiepituuksien suhteen (kuva 17). Uudenmaan, Turun, Vaasan ja Hämeen tiepiireissä on runsaimmin 2-8 km pituisia sorateitä. Kuvan 17

perusteella voidaan laskea, että Uudellamaalla ja Turussa alle 8 km sorateiden osuus on 90-95 %, kun Oulussa ja Lapissa vastaava osuus on 60-65 %.



Kuva 17. Yksittäisen soratien pituus tiepiiriin yhteispituuden suhteen.

4.32 Vauriokohtien lukumäärä ja pituus

Vakavasti vaurioituneiden tiekohtien lukumäärä oli aineiston perusteella vuonna 1998 suurin Vaasan ja Hämeen tiepiireissä (taulukko 13). Vaasassa myös yksittäisten vauriokohtien pituus oli huomattavan suuri, mutta Hämeessä pituus ei juuri poikennut muissa tiepiireissä havaituista vauriokohtien pituuksista. Kaakkois-Suomen, Lapin ja Oulun tiepiireissä havaittiin vain muutama yksittäinen vakavasti vaurioitunut kohta.

Taulukko 13. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 1 vuonna 1998.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	4.1	1.2	2.1	0.2	0.2	2.3	3.5	67.6	81.1
Minimipituus [m]	20	100	20	56	30	50	20	30	20
Maksimipituus [m]	400	440	390	106	105	505	570	4427	4427
Lukumäärä [kpl]	42	5	19	3	4	15	29	132	249
Pituus -25 % [m]	50	125	50	-	30	80	50	103	70
Pituus -50 % [m]	70	170	70	-	35	90	80	206	130
Pituus -75 % [m]	140	385	120	-	88	200	139	450	300
Keskiarvo [m]	99	238	105	75	51	155	119	512	326

Tarkastelujaksolla 1996-1998 Vaasan, Hämeen ja Keski-Suomen tiepiireissä vakavasti vaurioituneiden tiekohtien lukumäärä oli vuonna 1998 huomattavasti suurempi (5-20 -kertainen) kuin vuosina 1996 ja 1997 (liite 4). Vain Kaakkois-Suomessa lukumäärä oli selvästi pienentynyt. Huomattavan suureen lukumäärän eroon liittyi kuitenkin myös havaittujen vauriokohtien pituuksien lyheneminen. Vauriokohtien pituudet keskimäärin puolittuivat.

Liikennettä tuntuvasti haittaavasti vaurioituneiden tiekohtien lukumäärä oli jo moninkertainen vakavien vauriokohtien lukumäärään verrattuna vuonna 1998 (taulukko 14). Hämeen tiepiirissä vauriokohtien lukumäärä oli selvästi

suurempi kuin muissa tiepiireissä keskimäärin. Yksittäisten vauriokohtien pituus oli jälleen kiistattomasti suurin Vaasan tiepiirissä. Lyhimmät vauriokohdat havaittiin Lapin ja Oulun tiepiireissä. Muissa tiepiireissä pituusjakauma oli keskenään samaa suuruusluokkaa.

Taulukko 14. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 2 vuonna 1998.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	96.0	37.6	44.9	4.0	15.0	65.8	20.2	125.5	409.0
Minimipituus [m]	10	20	10	4	6	10	2	5	2
Maksimipituus [m]	790	1200	1500	427	415	4700	1150	5348	5348
Lukumäärä [kpl]	744	274	388	60	214	414	165	489	2748
Pituus -25 % [m]	50	50	35	26	30	52	30	70	45
Pituus -50 % [m]	90	100	60	39	47	100	80	120	90
Pituus -75 % [m]	160	170	120	84	82	192	146	230	160
Keskiarvo [m]	129	137	111	67	70	159	123	257	148

Vuonna 1998 vaurioluokkaan 2 kuuluvaksi inventoitujen tiekohtien lukumääräinen ero tarkasteluvuosiin 1996 ja 1997 verrattuna oli suurin kolmesta runkokelirikon vaurioluokasta (liite 4). Ainoastaan Kaakkois-Suomen, Savo-Karjalan ja Lapin tiepiireissä liikennettä tuntuvasti haittaavien vauriokohtien lukumäärä pysyi lähes samana. Muissa tiepiireissä vuoden 1998 ero vuosiin 1996 ja 1997 verrattuna oli huomattava, ollen suurimmillaan Hämeen, Keski-Suomen ja Oulun tiepiireissä jopa 20-40 -kertainen.

Yksittäisten vauriokohtien lukumäärä vuonna 1998 oli luonnollisesti suurin lievien vaurioiden vaurioluokassa 3 (taulukko 15). Lukumäärällisesti selvästi eniten lievästi vaurioituneita tiekohtia oli Hämeen tiepiirissä, missä tiekohtia oli lähes kaksi kertaa enemmän kuin toiseksi suurimman lukumäärän sisältävässä Savo-Karjalan tiepiirissä. Yksittäisten vauriokohtien pituudet olivat suurimpia omilla metrilukemilla olevan Vaasan tiepiirin lisäksi Hämeen, Kaakkois-Suomen ja Savo-Karjalan tiepiireissä.

Taulukko 15. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 3 vuonna 1998.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	313.5	22.0	152.3	34.7	183.5	182.2	48.3	118.7	1055.2
Minimipituus [m]	5	15	10	3	2	10	1	10	1
Maksimipituus [m]	6100	1060	2070	520	4833	5116	3316	5740	6100
Lukumäärä [kpl]	2590	207	1304	670	1263	1402	617	411	8464
Pituus -25 % [m]	50	50	30	24	27	50	15	50	38
Pituus -50 % [m]	70	80	70	38	53	98	39	100	69
Pituus -75 % [m]	130	120	130	62	117	150	85	250	130
Keskiarvo [m]	121	107	115	52	145	131	78	290	125

Vaurioluokassa 3 keväällä 1998 inventoitujen runkokelirikon vauriokohtien lukumäärä oli keskimäärin 2-4 -kertainen kahteen aikaisempaan tarkasteluvuoteen verrattuna (liite 4). Ero ei ollut niin huomattava kuin kahdessa vakavammassa vaurioluokassa, mutta vaurioituneiden tiekohtien suuren lukumäärän vuoksi vähäisenkin eron suureneminen kasvatti huonokuntoisen soratiestön osuutta huomattavasti.

Yhteenvedona vauriokohtien määrästä voidaan todeta, että lukumääräisesti tarkasteltuna eniten vauriokohtia, eli lähes 3400 kappaletta, oli Hämeen tiepiirissä. Seuraavaksi suurimmat vaurioituneiden tiekohtien lukumäärät havaittiin Savo-Karjalan, Keski-Suomen ja Oulun tiepiireissä, joissa vauriokohtia oli kuitenkin keskimäärin puolet vähemmän kuin Hämeen tiepiirissä.

Pelkän määrällisen arvioinnin lisäksi tärkeä tekijä on vaurioiden vakavuus, joka on otettu huomioon vaurioiden luokittelussa. Painoarvoltaan tärkeimpiä vaurioluokkia 1 ja 2 tarkasteltaessa eniten vaurioituneita kohtia esiintyi Hämeen lisäksi Vaasan tiepiirissä, jossa havaittiin vaurioluokan 3 kohtia poikkeuksellisen vähän. Oulun tiepiirissä taas vaurioluokan 3 osuus oli noin 85 % kohtien lukumäärästä, joten vaurioiden vakavuutta ei voi pitää niin suurena kuin Savo-Karjalan ja Keski-Suomen tiepiireissä.

Yksittäisten vauriokohtien pituudet eivät vaihdelleet pituuden keskiarvo- ja fraktiilitarkastelujen perusteella huomattavasti eri vaurioluokkien tai tiepiirien välillä. Aineiston perusteella ei voida myöskään selvästi osoittaa, että suuren vaurioiden yhteispituuden ja pitkien vauriokohtien välillä olisi yhteyttä. Poikkeuksena oli Vaasan tiepiiri, jossa havaittiin lähes 70 vähintään kilometrin pituisia vauriokohtia.

4.33 Vauriokohtien sijainti eri vuosina

Runkokelirikon vauriokohtien keskinäistä sijaintia on selvitetty kolmella eri otosalueella. Otosalueina käytettiin jo ilmastotekijätutkimuksen yhteydessä hyödynnettyjä alueita; läntinen alue 2, keskinen alue 3 ja itäinen alue 4. Keski-Suomen tiepiirissä sijaitseva alue 3 ja Savo-Karjalan tiepiirissä sijaitseva alue 4 valittiin otosalueiksi, koska niiden katsottiin edustavan kohtuullisen hyvin keskimääräistä runkokelirikkotilannetta, niin runkokelirikon laajuuden kuin yksittäisten vauriokohtien lukumäärän ja pituuksien osalta. Vaasan tiepiiristä määritetyn alueen 2 ensisijaisena valintakriteerinä oli suuri vauriomäärä, varsinkin vakavien vaurioiden osalta. Tarkastelussa selvitettiin, osuivatko runkokelirikon vauriokohdat eri vuosina samoihin kohtiin.

Selvitystyön ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin, miten kunkin vaurioluokan vauriot vuodelta 1997 jakautuivat otosalueilla vuoden 1998 inventointituloksien suhteen (taulukko 16). Tarkastelun tuloksena saatiin myös tieto siitä, kuinka suurta osuutta vuoden 1997 runkokelirikon vauriokohdista ei enää havaittu vuoden 1998 inventointien perusteella.

Läntisellä otosalueella 2 vuonna 1997 havaituista vakavista vaurioista noin 45 % oli myös vuoden 1998 inventointien perusteella yhtä vakavia ja sijaitsivat samassa kohdassa, mutta lähes 30 % vaurioista ei löytynyt enää vuoden 1998 aineistosta. Vuonna 1997 liikennettä tuntuvasti haittaaviksi kirjatuista vauriokohdista noin kahta kolmasosaa ei havaittu enää vuoden 1998 inventointien yhteydessä, mutta noin kolmanneksessa havaittiin runkokelirikko-vaurioita myös keväällä 1998. Yli 16 % vauriokohdista oli tällöin luokiteltu vakaviksi vaurioiksi. Lievien vaurioiden vakavuus ja sijainti erosi huomattavasti tarkastelukeväinä. Kevään 1997 lieviä vaurioista enää 5 % sijaitsi samassa tiekohdassa ja yhtä vakavana keväällä 1998. Noin 10 %:ssa lievästi vaurioituneista tiekohdista vaurioiden laatu oli pahentunut, ja lähes 85 % vauriokohdista ei esiintynyt enää vuoden 1998 inventointituloksissa.

Taulukko 16. Vuonna 1997 esiintyneiden vauriokohtien sijainti vuonna 1998 inventoitujen vauriokohtien suhteen läntisellä (alue 2), keskeisellä (alue 3) ja itäisellä (alue 4) otosalueella.

Lähtökohta vuosi 1997	Vaurioluokassa 1 vuonna 1998		Vaurioluokassa 2 vuonna 1998		Vaurioluokassa 3 vuonna 1998		Ei esiinny enää vuonna 1998	
	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]
Alue 2								
Vaurioluokka 1	45.5	2 654	23.6	1 380	1.2	70	29.7	1 732
Vaurioluokka 2	16.5	10 786	13.7	8 960	7.3	4 800	62.5	4 0946
Vaurioluokka 3	2.0	740	8.2	3 036	5.2	1 942	84.6	31 363
Alue 3								
Vaurioluokka 1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
Vaurioluokka 2	0.0	0	0.0	0	47.2	470	52.8	525
Vaurioluokka 3	0.6	370	7.2	4 810	28.5	18 891	63.7	42 309
Alue 4								
Vaurioluokka 1	0.0	0	33.3	55	0.0	0	66.7	110
Vaurioluokka 2	0.0	0	4.0	256	23.9	1 530	72.1	4 614
Vaurioluokka 3	0.0	0	8.0	2 801	19.9	6 987	72.1	25 307

Keskeisellä otosalueella 3 ei esiintynyt lainkaan vakaviksi luokiteltuja vaurioita keväällä 1997. Liikennettä tuntuvasti haittaavista vaurioista lähes puolet sijaitsi samassa kohdassa myös keväällä 1998, mutta ne oli kokonaisuudessaan luokiteltu lieviksi vaurioiksi. Noin puolta keväällä 1997 havaituista vaurioluokkaan 2 kuuluneista tiekohdista ei siis havaittu enää keväällä 1998. Lievissä vaurioissa keväällä 1998 havaitsematta jääneiden tiekohtien osuus oli jo yli 60 %, ja noin 30 % luokan 3 vaurioista havaittiin olevan kumpanakin keväänä samassa tiekohdassa.

Itäisellä otosalueella 4 kolmannes keväällä 1997 havaituista vakavasti vaurioituneista tiekohdista oli kevään 1998 inventoinneissa luokiteltu vaurioluokkaan 2. Loppuja kahta kolmannesta ei havaittu enää keväällä 1998. Liikennettä tuntuvasti haittaavista vaurioista 4 % sijaitsi samassa tienkohdassa myös keväällä 1998, ja lähes neljännes vaurioista oli luokiteltu vaurioluokkaan 3. Lievistä vaurioista 20 % havaittiin samassa kohdassa. Vaurioluokan 2 ja 3 vauriokohdista yli 70 % ei havaittu enää kevään 1998 inventointien yhteydessä.

Kevään 1997 runkokelirikkoinventointien yhteydessä kirjattujen, mutta keväällä 1998 havaitsematta jääneiden vauriokohtien osuus oli suurin lievimmässä vaurioluokassa. Tulosta voidaan pitää odotettuna, koska pahimmin vaurioituneet soratieosuudet ovat mitä todennäköisemmin runkokelirikko-vaurioisia myös tulevina vuosina. Lievimmin vaurioituneet kohdat eivät välttämättä ole havaittavasti vaurioituneita seuraavina keväinä, mutta toisaalta kohtien vauriot voivat myös pahentua.

Hyvin huomattavaa osaa vuonna 1997 tilastoiduista vauriokohdista ei kuitenkaan havaittu enää suoritettaessa vastaava inventointi keväällä 1998. Yksi syy vauriokohtien kunnon parantumiseen on kunnossapitotoimenpiteiden yhteydessä usein suoritettavat sorastukset, joissa pahimmille tiekohdille lisätään mursketta. Ohut murskekerros voi lyhyellä aikavälillä (1-2 vuotta) vähentää soratien vaurioitumisriskiä, mutta pitempiaikaista rakenteellisen kunnon parantumista toimenpiteellä ei saavuteta.

Toisessa vaiheessa lähtökohtana käytettiin keväällä 1998 havaittuja vaurio-kohtia, ja selvitettiin miten ne jakautuivat kevään 1997 inventointituloksien suhteen (taulukko 17). Tarkastelun tuloksista nähtiin myös, kuinka suuri osuus vuonna 1998 tilastoiduista runkokelirikon vauriokohdista sijaitsi soratieosuuksilla, joissa ei esiintynyt vaurioita edellisenä vuonna.

Taulukko 17. Vuonna 1998 havaitut vauriokohdat vuoden 1997 vauriokohtien suhteen läntisellä (alue 2), keskisellä (alue 3) ja itäisellä (alue 4) otosalueella.

Lähtökohta vuosi 1998	Vaurioluokassa 1 vuonna 1997		Vaurioluokassa 2 vuonna 1997		Vaurioluokassa 3 vuonna 1997		Ei esiintynyt vuonna 1997	
	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]	[%]	[m]
Alue 2								
Vaurioluokka 1	6.2	2 654	25.1	10 786	1.7	740	67.0	28 743
Vaurioluokka 2	3.2	1 380	20.6	8 960	7.0	3 036	69.3	30 206
Vaurioluokka 3	0.1	70	7.6	4 800	3.1	1 942	89.2	56 220
Alue 3								
Vaurioluokka 1	0.0	0	0.0	0	29.5	370	70.5	885
Vaurioluokka 2	0.0	0	0.0	0	17.1	4 810	83.0	23 483
Vaurioluokka 3	0.0	0	0.6	470	22.5	18 891	77.0	64 753
Alue 4								
Vaurioluokka 1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	100.0	459
Vaurioluokka 2	0.1	55	0.6	256	6.3	2 801	93.0	41 119
Vaurioluokka 3	0.0	0	1.4	1 530	6.6	6 987	91.9	97 105

Otosalueella 2 kevään 1998 inventointien perusteella havaituista vakavasti vaurioituneista tiekohdista kolmanneksella oli havaittu vaurioita jo keväällä 1997. Kuitenkin vain noin 6 % vaurioista oli silloin luokiteltu vakaviksi. Kaksi kolmannesta kevään 1998 vakavista vaurioista oli siis ns. uusia vauriokohtia. Kevään 1998 inventoinneissa liikennettä tuntuvasti haittaaviksi vaurioiksi kirjatuista tiekohdista vain noin 20 % oli havaittu saman laatuksina jo edellisen kevään inventoinneissa, ja lähes 70 % vauriokohdista sijaitsi edellisenä keväänä ilman runkokelirikkovaurioita olleilla soratieosuuksilla. Lievien vaurioiden luokassa 3 tällaisten uusien vauriokohtien osuus oli jo lähes 90 %.

Otosalueella 3 kevään 1998 vakavista runkokelirikon vauriokohdista noin 70 % sijaitsi soratieosuuksilla, joissa edellisenä vuonna ei esiintynyt lainkaan vaurioita. Loput 30 % vakavista runkokelirikkovaurioista oli keväällä 1997 kirjattu kokonaisuudessaan lievien vaurioiden luokkaan. Liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden luokka 2 jakautui samaan tapaan, vastaavien osuukseen ollessa 83 % ja 17 %. Keväällä 1998 lieviä vaurioita sisältäneistä tiekohdista noin neljännes oli olemassa jo edellisenä vuonna, ja noin kolme neljännestä vauriokohdista oli uusia.

Otosalueella 4 lähes kaikki vauriot sijaitsivat tienkohdissa, joissa ei ollut havaittu vaurioita edellisenä vuonna. Keväällä 1998 havaitut vakavasti vaurioituneet tiekohdat olivat kokonaisuudessaan keväällä 1997 vaurioitumattomassa kohdassa. Liikennettä tuntuvasti haittaavista ja lievistä vaurioista alle 10 % sijaitsi keväällä 1997 vaurioita sisältäneissä tiekohdissa.

Kaikissa vaurioluokissa keväällä 1998 havaituista vaurioista vähintään kaksi kolmasosaa sijaitsi siis soratieosuudella, jossa ei edellisen vuoden vaurioinventoinneissa ollut havaittu runkokelirikkovaurioita.

Koska edellä tehtyjen tarkastelujen perusteella eri tiekohdissa sijaitsevien vaurioiden määrä on huomattavan suuri, selvitettiin vielä mikä on otosalueilla runkokelirikkovaurioita sisältäneen soratiestön todellinen pituus tarkasteluvuosien 1996-1998 aikana (taulukko 18). Tarkastelussa lähtökohtana käytettiin otosalueilla vuonna 1998 vallinnutta runkokelirikkotilannetta. Vuoden 1998 vauriopituuksiin lisättiin vuosina 1997 ja 1996 inventoidut vauriot, kuitenkin poistaen pituuksista eri vuosina samassa tienkohdassa olevat vauriot.

Taulukko 18. Vuosien 1996, 1997 ja 1998 runkokelirikkovauriot yhteensä (vauriokohtien päällekkäisyys poistettu).

Vaurioiden luokitus	Vauriot vuonna 1998 [m]	Vauriot vuosina		Vauriokohtien yhteispituus 1996-1998 [m]	Vuosien 1996-1998 vaurioiden suhde vuoden 1998 vaurioihin	
		* 1997 [m]	** 1996 [m]		kerroin	lisä -%
Alue 2						
Vaurioluokka 1	42 923	3 182	650	46 755	1.089	8.9 %
Vaurioluokka 2	43 582	45 746	519	89 847	2.062	106.2 %
Vaurioluokka 3	63 032	31 363	893	95 288	1.512	51.2 %
Yhteensä	149 537	80 291	2 062	231 890	1.551	55.1 %
Alue 3						
Vaurioluokka 1	1 255	0	310	1 565	1.247	24.7 %
Vaurioluokka 2	28 293	995	365	29 653	1.048	4.8 %
Vaurioluokka 3	84 114	42 309	22 550	148 973	1.771	77.1 %
Yhteensä	113 662	43 304	23 225	180 191	1.585	58.5 %
Alue 4						
Vaurioluokka 1	459	165	0	624	1.359	35.9 %
Vaurioluokka 2	44 231	6 144	2 611	52 986	1.198	19.8 %
Vaurioluokka 3	105 622	25 307	30 058	160 987	1.524	52.4 %
Yhteensä	150 312	31 616	32 669	214 597	1.428	42.8 %

* eri kohdissa kuin vuosina 1996 ja 1998 ** eri kohdissa kuin vuosina 1997 ja 1998

Tarkasteltaessa otosalueita yhteisesti vuosien 1996 ja 1997 aiheuttama lisäys vuoden 1998 runkokelirikkopituuksiin nähden oli pienin vakavien vaurioiden kohdalla. Lisäys oli puolestaan suurin lievissä vaurioissa. Liikennettä tuntuvasti haittaavissa vaurioissa otosalueiden välinen hajonta oli voimakainta, mutta yleisesti ottaen vaurioiden lisääntyminen tarkastelujaksolla sijoittui vaurioluokissa 1 ja 3 havaittujen lisäyksien väliin.

Keskimääräiset vuosina 1996-1998 esiintyneet vakavat runkokelirikkovauriot saadaan kertomalla vuoden 1998 vaurioluokan 1 vauriot luvulla 1.2. Vastavat kertoimet vaurioluokissa 2 ja 3 ovat 1.4 ja 1.6.

4.4 Runkokelirikon laajuus ja laatu mitoittavan kelirikon perusteella

Soratiestöllä tällä hetkellä olevan runkokelirikkotilanteen laajuuden ja laadun arvioinnissa kannattaa käyttää lähtökohtana vuoden 1998 tilannetta. Vuosi 1998 oli sekä vauriopituuksien että vaurioiden vakavuuden suhteen pahin vuosi tarkastelujakson 1996-1998 aikana. Inventointitulosten perusteella vuonna 1998 soratiestöllä oli vaurioita kaksinkertainen määrä vuoden 1996 tilanteeseen verrattuna. Vaikutuksiltaan merkittävimpänä pidettäviä vakavia vaurioita esiintyi vuonna 1998 noin 6 -kertainen määrä kahteen edelliseen vuoteen verrattuna.

On oletettavaa, että inventoitujen vauriopituuksien väliset erot vuosina 1996, 1997 ja 1998 eivät kokonaisuudessaan selity runkokelirikkotilanteen olosuhteilla. Inventointimenettelyn toteuttaminen on aloitettu vasta keväällä 1995 ja siten kokemukset koko soratiestöllä suoritettavista mittauksista ovat, ainakin vielä vuosina 1996 ja 1997, olleet vähäisiä. Ilmeisesti niin tiepiirien kuin inventointivuosienkin tuloksien välisiin eroihin osansa tuo toisistaan poikkeava vaurioiden vakavuusasteen arviointi. Täysin toisiaan vastaavien inventointien toteuttaminen esimerkiksi eri tiepiireissä tai eri vuosina on vaikea suorittaa. Vaurioiden esiintyminen soratiestöllä ja niiden luokittelu vakavuusasteen suhteen on aina inventoinnin suorittavan henkilön oma näkemys, jolloin on luonnollista, että eroja syntyy.

Vuoden 1998 runkokelirikon laajuuteen ja laatuun vaikuttaneet ilmastolliset tekijät olivat tunnusomaiset pitkällä aikavälillä keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyvälle vaikealle tilanteelle. Vastaavasti määritettynä vuonna 1996 oli keskimäärin kerran kolmessa vuodessa esiintyvät helpot olosuhteet, kun taas vuoden 1997 olosuhteita voidaan kuvata keskimääräisiksi. Ilmasto-olosuhteiden toistuvuuden määrittämisen perusteena käytettiin soratien alusrakenteen yläosan (syvyys 0.5 – 1.0 m) routaantumiseen kuluvaan aikaan. Vuoden 1998 runkokelirikon vakavuuden perusteella voidaan olettaa, että alkutalvesta 1997-1998 vallinneet olosuhteet ovat olleet routaantumisen kannalta hyvin vaikeat. Tästä syystä on perusteltua valita vuoden 1998 runkokelirikkotilanne lähtökohdaksi soratiestön runkokelirikon kokonaislaajuutta arvioitaessa.

Soratierakenteen jäätyessä nopeasti edellytykset jäälinsien muodostumiselle ovat pienet, jolloin vaikean keväisen runkokelirikon syntymisen mahdollisuus on vähäinen. Jos alkutalvi on leuto, soratien alusrakenteen yläosa jäätyy hitaasti, jolloin tilanne on otollinen jäälinsien muodostumiselle, mikä puolestaan on edellytys runkokelirikkovaurioiden syntymiselle seuraavana keväänä. Ei ole myöskään poikkeuksellista, varsinkaan Etelä-Suomessa, että soratien alusrakenne ei jäädy juuri lainkaan, jos koko talven pakkasmäärä jää alhaiseksi. Tällöin olosuhteet eivät ole niin otolliset jäälinsien muodostumiselle, ja sitä kautta keväisille runkokelirikkovaurioille kuin, jos alusrakenne jäätyisi hieman syvemmälle. Pelkästään routaantumisaajan perusteella arvioituna kerran kymmenessä vuodessa esiintyvät vaikeat alkutalven routaantumisolosuhteet Etelä-Suomessa ja muuallakin rannikkoseudulla eivät välttämättä johda sen vaikeampaan runkokelirikkotilanteeseen keväällä kuin kerran viidessä vuodessa esiintyvät alkutalven olosuhteet. Tilanne saattaa olla jopa päinvastainen (vrt. kuva 11). Sen sijaan Keski- ja Pohjois-Suomessa todella leudot alkutalven olosuhteet voivat aiheuttaa vaikeamman keväisen runkokelirikon, koska mantereisilla alueilla pakkasmäärät ovat tällöinkin riittävän suuria jäälinsien muodostumisen kannalta.

Keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyvä vaikea tilanne kannattaa valita lähtökohdaksi runkokelirikon arvioinnissa, koska vuoden 1998 inventointitulokset vastaavat keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyviä vaikeita olosuhteita. Verrattuna kerran kymmenessä vuodessa esiintyviin vaikeisiin olosuhteisiin, kerran viidessä vuodessa esiintyvät vaikeat olosuhteet voivat aiheuttaa rannikkoseudulla hieman vaikeamman runkokelirikon, kun taas mantereisilla alueilla runkokelirikosta voi muodostua helpompi. Karkeasti routaantumisaajan perusteella arvioiden kerran viidessä vuodessa esiintyvien vaikeiden olosuhteiden vaikutus runkokelirikkotilanteeseen on koko

Suomessa samaa suuruusluokkaa kuin kerran kymmenessä vuodessa esiintyvien vaikeiden olosuhteiden.

Runkokelirikon vauriokohtien sijaintitarkastelun perusteella osassa vaurioita sisältävistä tiekohdista ei havaittu vaurioita toisina tarkasteluvuosina. Asia tuli korostuneesti ilmi verrattaessa vuoden 1998 vaurioita paikkakohtaisesti edellisiin tarkasteluvuosiin. Vuonna 1998 vaurioiden määrä oli suurin, joten oli odotettua, että myös vuosina 1996 ja 1997 vaurioitumattomissa kohdissa esiintyy tällöin vaurioita (ns. "uudet" vauriokohdat) ja potentiaalisia runkokelirikkovaurioita sisältävän soratiestön osuus on suurempi kuin vuosittain suoritettavat runkokelirikkoinventoinnit osoittavat. Kaikkia vuosina 1996 ja/tai 1997 esiintyneitä vaurioita ei myöskään havaittu enää vuoden 1998 inventoinneissa. Toisaalta eri vuosina esiintyviä vaurioita ei voida laskea suoraan yhteenkään, koska osa vaurioista esiintyi eri vuosina samoissa kohdissa.

Runkokelirikkovaurioiden arvioimiseksi on kohdassa 4.33 määritetty vaurioluokittain kertoimet, joiden avulla vuoden 1998 vauriopituuksia lähtökohtana käyttäen saadaan käsitys soratiestön runkokelirikkovaurioiden potentiaalisista kokonaismääristä, joita voi ilmetä korkeintaan kerran viidessä vuodessa esiintyvien vaikeiden olosuhteiden vallitessa. Kertoimet määritettiin vuosina 1996 ja 1997 inventoitujen vauriokohtien aiheuttaman lisäyksen perusteella ja niissä on otettu huomioon mahdollinen vauriokohtien päällekkäisyys vuosina 1996, 1997 ja 1998. Maantieteellisen sijainnin mukaisesti eri alueille voitaisiin määritellä hieman toisistaan poikkeavat kertoimet, mutta samoja kertoimia voitaneen kuitenkin käyttää runkokelirikkovaurioiden laajuuden ja laadun suuruusluokan arvioimiseksi kaikkien tiepiirien soratiestöllä, koska inventoinnit sisältävät tiettyjä epävarmuustekijöitä. Kertoimena voidaan käyttää lukua 1.5, jos tarkastellaan kaikkia vaurioluokkia yhtenä kokonaisuutena. Vaurioiden vakavuuden huomioon ottaviksi kertoimiksi määritettiin vastaavasti luvut 1.2, 1.4 ja 1.6, joita käytetään ns. mitoittavan kelirikon mukaisia vauriopituuksia laskettaessa (taulukko 19).

Taulukko 19. Mitoittavan kelirikon mukaiset runkokelirikon vauriopituudet tiepiireittäin.

Tiepiiri	Vaurioluokka 1 [m]	Vaurioluokka 2 [m]	Vaurioluokka 3 [m]
Häme	4 968	134 385	501 570
Kaakkois-Suomi	1 428	52 704	35 277
Keski-Suomi	2 538	62 916	243 638
Lappi	269	5 597	55 517
Oulu	245	21 064	293 653
Savo-Karjala	2 789	92 053	291 443
Turku	4 148	28 344	77 301
Vaasa	81 078	175 675	189 987
Yhteensä	97 463	572 738	1 688 386

Vakavien runkokelirikkovaurioiden potentiaalisiksi pituudeksi soratiestöllä saatiin lähes 100 km. Yli 80 % vakavasti vaurioituneista tieosuuksista sijaitsee Vaasan tiepiirissä. Seuraavaksi suurimmat vakavien vaurioiden määrät ovat Hämeen ja Turun tiepiireissä. Liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden potentiaalinen pituus on yli 570 km, josta noin 30 % sijaitsee Vaasan tiepiirissä. Ero muihin tiepiireihin nähden ei vaurioluokassa 2 ole kovin suuri, sillä mm. Hämeen ja Savo-Karjalan tiepiireissä potentiaalisten vaurioiden määrä on myös huomattavan suuri. Lievien vaurioiden potentiaalinen pituus

soratiestöllä on jo lähes 1700 km. Niistä noin 30 % sijaitsee Hämeen tiepiirissä.

Runkokelirikkovaurioiden potentiaaliset kokonaismäärät kuvaavat soratiestön kohtia, joissa vaurioita on esiintynyt vuosien 1996-1998 aikana ja joissa niitä voidaan otollisissa olosuhteissa olettaa esiintyvän myös tulevaisuudessa. Määrittelyssä ei luonnollisestikaan ole voitu ottaa huomioon jo tehtyjä korjaustoimenpiteitä. Toisaalta on oletettavaa, että vaurioiden kokonaismäärä tulisi suurenemaan hieman vuosittain, jos mitään korjaustoimenpiteitä ei tehtäisi. Kuitenkin tehtyjen korjausten ja vauriomäärien lisääntymisen yhteisvaikutus lienee sellainen, että runkokelirikkovaurioiden potentiaalisten kokonaismäärien voidaan olettaa vastaavan edellä esitettyä tilannetta soratieverkolla.

Lievästi vaurioituneiden tiekohtien (vaurioluokka 3) esiintymiseen pitää suhtautua tietyllä varauksella, vaikka selvästi suurin osa inventoiduista runkokelirikkovaurioista kuuluu tähän luokkaa. Lievien vaurioiden luokka on hieman ongelmallinen inventointimenettelyn kannalta. Tiettyä lievästi vaurioituneeksi kirjatut osuudet voivat toisen henkilön mielestä olla vaurioitumattomia varsinkin, jos alueella paikallisesti esiintyy runsaasti vaurioluokkiin 1 ja 2 kuuluvia vaurioita. Toisaalta vaikka vaikeissa ilmasto-olosuhteissa voi esiintyä lieviä vaurioita, jonakin toisena keväänä helpompien olosuhteiden vallitessa samat kohdat eivät välttämättä ole havaittavasti vaurioituneita. Lievien vaurioiden esiintyminen on kuitenkin osoitus siitä, että tierakenteen kunto ei ole paras mahdollinen ja ajan myötä kyseisiin tiekohtiin voi syntyä vakavampia vaurioita.

Liikennettä tuntuvasti haittaavasti vaurioituneilla (vaurioluokka 2) tieosuuksilla on vuosien 1996-1998 aikana mitä ilmeisimmin suoritettu jossain määrin korjaustoimenpiteitä. Toimenpiteet ovat voineet olla pelkästään kunnossapidon yhteydessä suoritettuja murskeen lisäyksiä tai raskaampia toimenpiteitä, joissa on parannettu soratierakenteen kuivatusoloja ja paksummilla materiaalikerroksilla pyritty lisäämään rakenteen kantavuutta. Ohut murskekerros voi pitää runkokelirikkaiset kohdat pois näkyvistä muutamana murskeen lisäystä seuraavana vuotena. Raskaampien korjaustoimenpiteiden vaikutus on jo huomattavasti pitemmän ajan kestävä.

Vakavasti vaurioituneet (vaurioluokka 1) tiekohdat ovat jo niin haitallisia, että ainakin liikennöinnin kannalta kriittisimpiin kohtiin on vuosien 1996-1998 kuluessa jouduttu tekemään parantamistoimenpiteitä. Ilman jonkin asteisia korjauksia vakavasti vaurioituneet kohdat tulevat näkymään peräkkäisinä vuosina. Esimerkiksi Vaasan tiepiirissä, jossa tutkimusaineisto on ollut hyvin kattava vakavien vaurioiden suuren määrän vuoksi, lähes puolet vuoden 1997 vakavista vaurioista oli samassa kohdassa myös seuraavana vuonna ja vain noin 30 % ei havaittu enää seuraavana vuonna. Vakavasti vaurioituneet tiekohdat tuskin vähenisivät huomattavasti, vaikka ilmasto-olosuhteet eivät seuraavina vuosina olisikaan erityisen pahat. Helpompien olosuhteiden vaikutuksesta osa vakavasti vaurioituneista tiekohdista voisi kuitenkin kirjautua vaurioluokkaan 2.

Runkokelirikkovaurioiden korjaaminen tulisi luonnollisesti aloittaa pahimmin vaurioituneista tiekohdista. Vakavasti vaurioituneisiin tiekohtiin tulisi mitä kii-reellisimmin kohdistaa perusteellisia parantamistoimenpiteitä, eikä myöskään liikennettä tuntuvasti haittaavaksi luokiteltujen tiekohtienkaan korjausta

kannata liiaksi viivyttää, koska hoitamattomina niiden kunto tulee entisestään heikkenemään. Suurin osa lievista vaurioistakin tulee pahenemaan ajan kuluessa, jos niiden kuntoon ei ajoissa puututa. Ihanteellisimmassa tilanteessa käytettävissä olisi sellaiset resurssit, että kaikille vaurioituneeksi havaituille tiekohdille voitaisiin kohdistaa nopeasti parantamistoimenpiteitä.

Jos vakavasti vaurioituneet tiekohdat korjattaisiin perusteellisesti, on oletettavaa, että vaurioluokkaa 1 ei tulevina vuosina juurikaan esiintyisi. Vaurioiden lisääntyminen tapahtuisi tällöin lähinnä vaurioluokissa 2 ja 3. Jos myös liikennettä tuntuvasti haittaavat vauriot korjattaisiin, luultavasti vauriomäärien vähäinen lisääntyminen lähivuosina keskittyisi lievien vaurioiden luokkaan. Kaikkien vauriokohtien korjaamisen seurauksena olisi todennäköistä, että olosuhteiltaan vaikeinakin vuosina vaurioiden lisääntyminen tapahtuisi suurimmaksi osaksi lievien vaurioiden luokassa. Siten lievien vaurioiden luokka tulisi tulevaisuudessa olemaan potentiaalinen vauriotyyppi, jonka kunnostamiseen tulisi panostaa vaurioiden pahenemisriskin pienentämiseksi.

5 KELIRIKON LIIKENTEELLISET HAITAT

5.1 Kelirikko haittatekijänä

5.11 Haitan kohdistuminen

Soratieverkon jokavuotisena ongelmana on runkokelirikko, joka estää tai rajoittaa liikkumista ja elinkeinotoimintaa koko maan alueella. Vuosittain haitta vaihtelee laajuudeltaan ja myös maan eri osissa huomattavasti. Inventointitulosten perusteella runkokelirikkovauriot kattoivat vuonna 1996 2.8 %, 1997 3.8 % ja 1998 5.7 % koko yleisten teiden soratiepituudesta, mutta lukumääräisesti vauriot kohdistuivat esimerkiksi vuonna 1998 peräti 40.6 %:lle sora-teiden kokonaismäärästä. Tienpitäjä voi asettaa painorajoituksia kelirikon vaivaamille tiejaksoille, mikä vähentää kelirikkovaurioita. Tästä huolimatta vuosittaiset erot kelirikon vaikeudessa ja kestossa sekä myös ilmeiset tulkintaerot kelirikkokriteereissä tiepiirien ja jopa tiemestaripiirien välillä vaikeuttavat runkokelirikon kokonaishaitan arviointia. /7,8/

Yksi tärkeimmistä alemman tieverkon käyttäjistä on metsäteollisuus, joka hankkii tarvitsemansa raakapuun koko Suomen alueelta. Samoin on laita turvetuotannossa. Kolmas merkittävä alemman tieverkon käyttäjä on elintarviketeollisuus. EU:n tuoma kilpailu vaatii entistä tehokkaampaa logistiikkaa, joten maito ja elintarviketeollisuuden muut raaka-ainehankinnat asettavat lisää vaatimuksia myös alemmalle tieverkolle.

Kelirikon vaikutusta raakapuun varastointitarpeeseen ja logistisiin lisäkustannuksiin on vaikea ennakoida, sillä kelirikon ajankohta ja laajuus vaihtelevat vuosittain. Tukkipuut ja tietyt kuitupuut on laatusyistä toimitettava tehtaalle nopeasti. Kuorellinen puu on joka tapauksessa kuljetettava pois metsästä heinäkuun alkuun mennessä hyönteistuhojen välttämiseksi. Sinänsä hakkuut painottuvat talvelle, koska kulku ja kuljetukset metsässä ovat tällöin helpompia kuin sulan maan aikana. Tällöin puukuljetukset metsästä jatkojalostukseen pyrkivät painottumaan kevätaikaan, jolloin runkokelirikon esiintyminen lyhyelläkin tieosalla tekee usein koko kyseisen tielinkin käyttökelvottomaksi. Puukuljetusten ennakoidulla suunnittelulla on mahdollista rajoitetusti vähentää haitan kokonaisvaikutusta tieosilla, joilla kelirikko on vuosittain toistuva tai poikkeuksellisen vaikea. Runkokelirikko aiheuttaa metsäteollisuuden puunhankintaan mm. seuraavia ongelmia: /2,12,19/

- Joudutaan pitämään suurempia varastoja
- Tuotannon suunnittelu vaikeutuu
- Metsätyökoneiden siirtäminen kohteisiin hankaloituu
- Puun laatu heikkenee
- Kuljetusreittien optimointi vaikeutuu
- Kaluston käyttöaste laskee

Raakapuukuljetuksissa kehityssuunta on ollut hakkuiden koon kasvamisesta johtuva koneellisen korjuun lisääntyminen ja teollisuuden laatuvaatimusten kohoamisesta seurannut raakapuun varastointiaikojen lyheneminen. Kun sahatukin ja korkealaatuisen kuusikuitupuun säilytysajat pyritään rajaamaan alle kahteen viikkoon, on tällä selkeä vaikutus myös kuljetusten kannalta

hakkuita ja hakkuualueita suunniteltaessa. Kun teollisuus toisaalta pyrkii ympärivuotiseen, mahdollisimman tasaiseen puunsaantiin, voidaan kelirikosta seuraavaa haittaa yhdessä alemman tieverkon (yksityisteiden) kanssa las-kun kanssa pitää kasvavana ongelmana puunjalostusteollisuuden kannalta. Jos puunhankintasopimukseen liittyvät kuljetukset rajataan "kelirikkoajan ulkopuolelle", seuraa vuosittaisista kelirikon alueellisista esiintymiseroista, kestosta ja vaikeasta ennakoitavuudesta merkittävää haittaa teollisuudelle.

Erittäin vaikea tilanne on teillä, joiden varsilla on maito- ja karjatiloja. Tällöin jo lyhyetkin kelirikkorajoitukset aiheuttavat suuria vaikeuksia tilojen toiminnalle. Suurin osa maamme perustuotannon, lähinnä maa- ja metsätalouden tuotantoalueista sijaitsee yleisen tieverkon soratieosuuksien tai näitäkin alemman yksityistieverkon varsilla. Runkokelirikon haitat kohdistuvat erityisen voimakkaasti myös turvetuotantoon.

Maa- ja metsätalouden kuljetukset ovat muuttuneet viimeisten vuosien aikana mm. uusien EU -direktiivien myötä. Tämä vaikuttaa myös sorateiden liikenteeseen ja kuljetusten ajoittumiseen entistä enemmän kelirikko aikaan. Esimerkiksi lietteen levitys ei enää nykyisin ole sallittua talvella, vaan vasta keväällä. Toisaalta tilakoon kasvattaminen on johtanut viljelymaiden vuokraamiseen etäältäkin. Edellä mainitut tekijät lisäävät tilojen kuljetustarpeita.

Kelirikkoiset tiet aiheuttavat selkeitä välillisiä kustannuksia teitä käyttäville ruokakunnille, maataloudelle, kaupalle ja teollisuudelle, muille autoilijoille sekä luonnollisesti valtiolle ja kunnille. Painorajoitusten vuoksi joudutaan kuormakokoa pienentämään, käyttämään kiertoteitä tai siirtämään toimitukset kelirikkoajan ulkopuolelle. Tällöin syntyy normaalisti ylimääräisiä varastointikustannuksia. Myös matkaan käytetty aika pitenee kelirikon aikana. Epäluotettavat kuljetukset pakottavat yrityksiä pitämään suuria varastoja, jotka sitovat pääomaa ja vaikeuttavat JOT- toiminnan toteuttamista. /3,18/

Vaikea kelirikko rajoittaa ja voi estää kokonaan työmatkaliikenteen, koulu-laiskuljetukset, postinjaon ja jopa palo- ja pelastustoimen kuljetukset. Alueen palveluiden, kuten kirjastoautojen, kauppa-autojen, jätteenkuljetusten ja joukkoliikenteen saatavuus heikkenee runkokelirikon seurauksena ja jo lieväkin kelirikko vaikuttaa suoraan liikenteen ajomukavuuteen ja ajokustannuksiin. Runkokelirikko heikentää myös metsän myyjän asemaa, koska hakkuita ei yleensä osoiteta kelirikkoalueille. /20,25/

Merkittävimiksi kelirikosta aiheutuviksi haittoiksi koettiin jo 1973 tehdyn kyselytutkimuksen mukaan työmatkan vaikeutuminen ja hidastuminen. Noin 55 % vastaajista piti niitä tärkeimpänä haittana, kun esimerkiksi painorajoitus-haittaa piti vakavimpana haittana vain runsas 15 % ja joukkoliikenteen rajoittumista runsas 3 %. /1/ Henkilöauton yleistymisen ja työssä käynnin lisääntyminen tuosta ajasta korostavat työmatkahaitan merkitystä tänä päivänä entisestään.

5.12 Kuljetukset, liikkuminen ja kelirikko

Alempiasteiset tiet ovat pituudeltaan merkittävin osa yleistä tieverkkoa. Niiden vuotuinen kuljetusvolyymi ilman maa-aineskuljetuksia on noin 60 milj. tonnia, josta raakapuun osuus on kolme neljäsosaa. Säännöllisiä, viikottain

tai jopa päivittäin toistuvia alemman tieverkon kuljetuksia ovat turpeen ja ympärivuotisesti tuotettavien maataloustuotteiden kuten irtomaidon, kananmunien ja lihakarjan kuljetukset. Tähän ryhmään kuuluvat myös rehutoimitukset sekä puutarha- ja lavaviljelytilojen kuljetukset. Erityisesti irtomaidon kuljetus vaatii täsmällisyyttä, sillä maidon keräily tapahtuu tarkan aikataulun mukaisesti yleensä joka toinen päivä. Satunnaisempia, mutta toistuvia ovat viljan, sokerijuurikkaan, muiden maataloustuotteiden sekä lannoitteiden kuljetukset. /6,29/

Kuorma-auton keskiakuorma oli vuonna 1996 raakapuun kuljetuksissa noin 28 tonnia, maataloustuotteiden kuljetuksissa 18 tonnia ja lannoitteiden kuljetuksissa 21 tonnia. Irtomaidon keräilyssä kuormakoko vaihtelee, mutta reitin lopussa vetoauton kuorma on noin 10 tonnia. Raakapuu- ja turvekuljetusten sekä muiden erittäin painavien kuljetusten kalustona on normaalisti kokonaismassaltaan 56- 60 tonnin täysperävaunun yhdistelmä. /6/

Runkokelirikon aiheuttamia haittoja voidaan lähestyä kahdesta eri näkökulmasta. Ensiksikin kelirikosta aiheutuu huomattavia haittoja yritystoimintaan ja elinkeinon harjoittamiseen liittyviin kuljetuksiin. Toinen näkökulma lähtee yksittäiseen ihmiseen liittyvästä liikkumistarpeesta.

Yritystoiminnan kannalta runkokelirikon voidaan ajatella aiheuttavan haittaa yritykseen tuleville kuljetuksille, yrityksestä lähteville kuljetuksille sekä yritystoiminnan mahdollistamiseksi elintärkeille energiahuollon kuljetuksille (taulukko 20). Elinkeinoon harjoittamista on tarkasteltu toimialoittain ja runkokelirikosta kuljetuksille aiheutuvaa haittaa on arvioitu kolmiportaisen luokituksen avulla.

Taulukko 20. Runkokelirikon haitta-arvo erilaisille kuljetuksille yritystoiminnan kannalta.

Toimiala	Tulevat kuljetukset	Lähtevät kuljetukset	Energiahuolto
<u>Maatalous</u>			
Viljatuotanto	3	3	3
Maitotuotanto	2	1	2
Eläintuotanto			
a) Nautakarja	2	3	2
b) Sikatalous	2	2	2
c) Siipikarja	2	1	2
d) Hevoskasvatus	3	3	3
Turkistuotanto	1	3	2
<u>Puutarhatalous</u>			
Kasvihuoneviljely	3	1	1
Kukkaviljely	3	1	1
<u>Raaka-aineet</u>			
Raakapuu	-	2	3
Turve	-	2	2
Maa-ainekset	3	3	3
Elintarvikkeet	2	-	-
Matkailupalvelut	1	1	3
PK – yritykset	2	1	2
Asuminen/huolto/rakentaminen	2	2	2

Vakavimman haitta-arvon (1) perusteluna on, että yhteyden soratiestöllä on pysyttävä jatkuvana, koska se on elinkeinon harjoittamisen kannalta välttämätön. Esimerkiksi maidon välittäminen tiloilta meijereihin on tehtävä säännöllisesti olosuhteista riippumatta. Samoin kasvihuone- ja kukkaviljelyn lopputuotteet on pystyttävä toimittamaan määräaikana perille, koska ne säilyvät

myyntikelpoisina vain suhteellisen lyhyen aikaa. Puutarhatuotanto vaatii kylmissä olosuhteissa myös paljon lämpöä, joten energiahuollon on toimittava säännöllisesti. Eräillä toimialoilla elinkeinon harjoittaminen ei täysin riipu kuljetusten ajoittamisesta, vaan kuljetukset ovat runkokelirikkokaudella osittain järjesteltävissä (2). Lievimässä tapauksessa (3) runkokelirikon haitta-arvo on vähäinen, koska yritystoimintaan liittyvät kuljetukset ovat ohjelmoitavissa runkokelirikkokauden ulkopuolelle.

Yksittäisen tienkäyttäjien liikkumistarpeen kannalta palvelujen ja toimintojen tärkeys ja toisaalta korvattavuus on esitetty soratiestön varrella olevan asutuksen kannalta (taulukko 21). Liikkumistarve yksilötasolla on jaoteltu päivittäin välttämättömään, osittain järjesteltävissä olevaan sekä järjesteltävissä olevaan (haitta vähäinen) tarpeeseen. Liikkuminen on välttämätöntä päivittäin työ- ja koulumatkaliikenteelle, postinjaolle, kotipalveluille sekä pelastustoimelle. Esimerkiksi kirjastoauton liikennöinnille ja vapaa-ajan asutukselle aiheutuva haitta on hyvin vähäinen, koska runkokelirikkokaudella liikkumista voidaan välttää.

Taulukko 21. Yksilötason liikkumistarve.

Yksilötaso	Liikkumistarve
Työmatkaliikenne	Päivittäin välttämätön
Koulumatkat	Päivittäin välttämätön
Elintarvikehuolto	Järjesteltävissä osittain
Ostos ja asiointi	Järjesteltävissä osittain
Energiahuolto	Järjesteltävissä osittain
Palvelut	
a) Joukkoliikenne	Päivittäin välttämätön
b) Postinjak	Päivittäin välttämätön
c) Kotipalvelu	Päivittäin välttämätön
d) Kirjastoauto	Järjesteltävissä / haitta vähäinen
e) Jätehuolto	Järjesteltävissä osittain
f) Pelastustoimi	Päivittäin välttämätön
Vapaa-aika	
a) Asukkaat	Järjesteltävissä osittain
b) Vapaa-ajan asunnot	Järjesteltävissä / haitta vähäinen

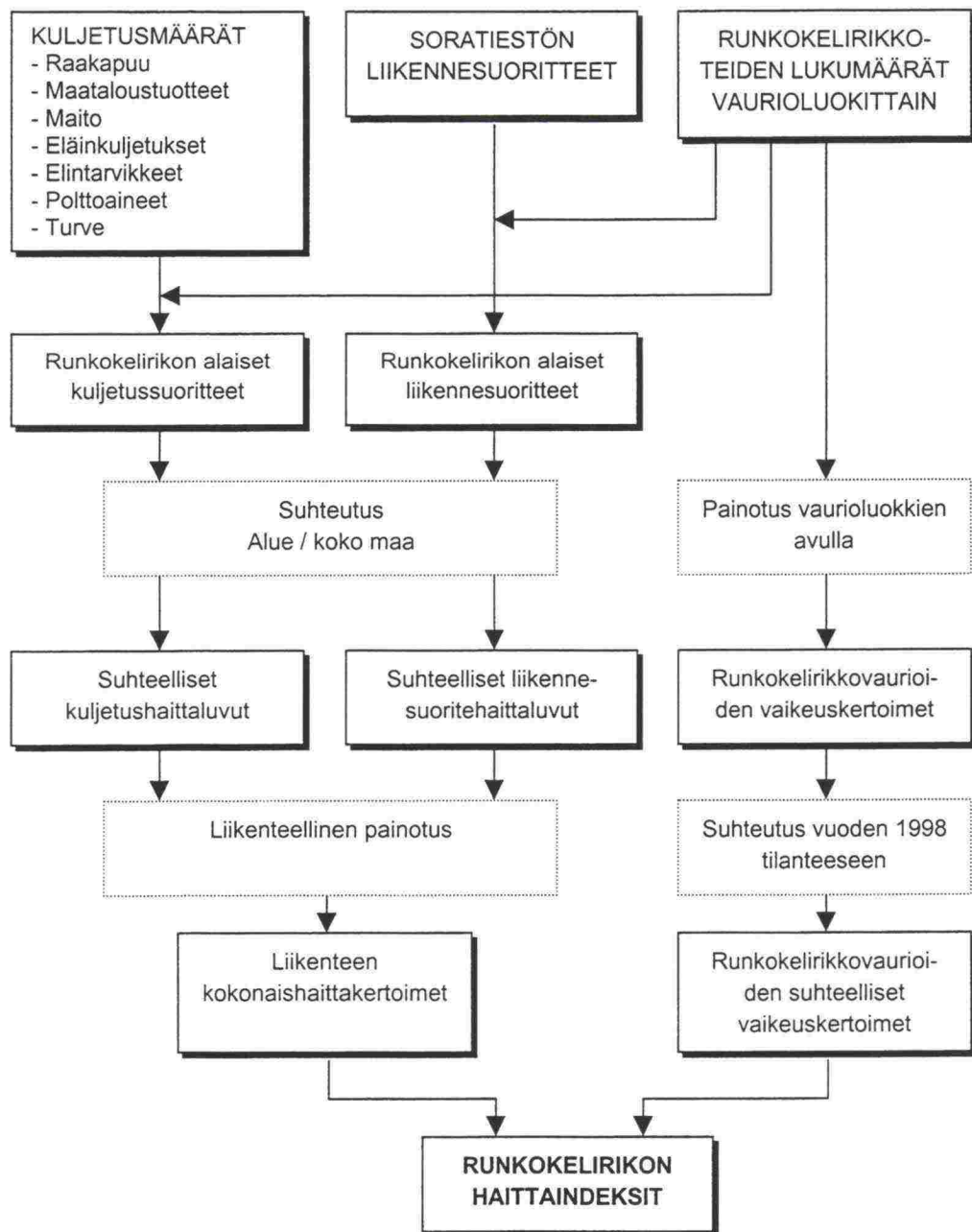
Suomessa kylät ovat pieniä ja asutus yleensä hajallaan, mutta henkilöauto mahdollistaa työssäkäynnin kauempaakin. Sorapäällysteiset tiet vaativat runsaasti kunnossapitoa. Tästä huolimatta soratiet tarjoavat päällystettyjä teitä heikommat laadulliset liikkumisedellytykset. Toistuva runkokelirikko heikentää lisäksi kylien saavutettavuutta merkittävästi. Kylien asukkaat toivovat ja vaativat perustellusti yhteyksiensä laadullista parantamista. Tieverkon kehittämisellä voidaan edistää kylien asuttuna pitämistä. Uudet työpaikat syntyvät toki kylien omista luontaisista edellytyksistä, mutta kylien hyvä saavutettavuus on ensiarvoisen tärkeä. /20/

5.2 Kelirikon alueellisten haittojen tarkastelu

5.21 Tarkastelun lähtökohdat ja vertailumenetelmä

Soratieverkon runkokelirikosta aiheutuvia haittavaikutuksia väylien käytettävyydelle tarkastellaan alueellisina sekä valtakunnallisella että tiepiiritasolla (kuva 18). Tarkastelun tavoitteena on yhtäältä tarkastella ja verrata runko-

kelirikon kuljetuksille ja liikkumiselle aiheuttamia haittavaikutuksia ja toisaalta saada kokonaiskäsitys runkokelirikon suhteellisista haittavaikutuksista ja niiden kohdentuvuudesta tiepiirien kesken. Koska vaurioinventoinnista on yhdenvertaista, koko maan kattavaa seurantatietoa vasta vuodesta 1996 lähtien, rajataan tarkastelu vuosiin 1996-1998. Uudenmaan tiepiirin inventointitiedot puuttuivat, joten alue on suljettu pois tarkastelusta. Siten tarkastelun yhteydessä käytettävä termi "koko maa" ei sisällä Uudenmaan tietoja.



Kuva 18. Sorateiden alueellinen haittavaikutustarkastelu.

Tarkastelussa keskitytään runkokelirikkohaitan kohdistamisessa yksittäisten, usein lyhyidenkin vauriokohtien sijasta koko soratien tarkasteluun, koska jo lyhytkin vaurio normaalisti heikentää koko tien käytettävyyttä.

Tiepiirikohtaisessa liikenteellisessä haittavaikutustarkastelussa käsitellään erikseen seitsemää kuljetusryhmää ja lisäksi liikennesuoritetta, jotta maan eri osien erilaisten kuljetusvirtajakaumien ja soratiestön liikennemäärien vaikutus saataisiin mukaan tarkasteluun. Tarkastelussa käytetään lähtötietoina vuosittaisia kuljetusvirtajakaumia ja liikennesuoritteita. Lähtökohtana on, että tietty prosenttiosuus tarkasteltavista kuljetuslajeista käyttää joko lähtö- tai määräpaikkana soratien vaikutuspiirissä olevaa aluetta.

Kuljetuslajeina ovat mukana raakapuukuljetukset, turvekuljetukset, maatalouskuljetukset, elintarvikekuljetukset, maitokuljetukset, polttoaine- ja voiteluainekuljetukset sekä eläinkuljetukset. Puukuljetukset edustavat soratiestön raskaista kuljetuksista sekä kokonaistonnimäärinä että kuljetusyksikkömäärinä ylivoimaisesti suurinta osuutta, yleensä 70-90 %. Turve on määrällisesti toiseksi tärkein kuljetuslaji (taulukko 22).

Taulukko 22. Vuosittaiset tavaralajien kuljetusmäärät tiepiirien alueella sekä liikennesuorite soratiestöllä. /2,13,14,25,27/

Tiepiiri	Raaka- puukulj. [milj. m ³]	Maata- loustuot. [milj. t]	Maidon- keräys [milj. l]	Viljelty peltoala [milj. ha]	Elintar- vike [milj. t]	Poltto- aineet [milj. t]	Turve- tuotanto [milj. m ³]	Liikenne- suorite [milj. ajonkm]
Häme	5.02	1.210	244	0.270	3.8	0.4	0.62	102
KaS	8.22	0.711	287	0.223	2.7	1.7	2.29	163
KeS	3.55	0.087	118	0.090	0.6	0.4	1.84	108
Lappi	3.05	0.136	94	0.040	1.0	0.4	0.46	103
Oulu	4.47	0.252	350	0.210	2.1	1.9	6.16	175
SK	6.84	0.128	419	0.215	2.8	1.2	4.04	220
Turku	2.61	3.314	163	0.441	2.8	2.9	3.02	94
Vaasa	3.38	0.845	458	0.418	2.5	1.6	3.38	152
Koko maa	37.14	6.683	2 133	1.908	18.3	10.5	21.81	1 117

Raakapuukuljetukset perustuvat alueen markkinahakkuiden (m³) määrään vuonna 1992. Hakkuiden vuosittaisia määrällisiä eroja ei ole otettu huomioon, vaan on oletettu hakkuumäärien alueellisten jakautumien säilyvän muuttumattomana koko tarkastelujakson ajan. Turvekuljetukset perustuvat alueelliseen turvetuotantoon (m³) vuonna 1992. Maataloustuote-, elintarvike- sekä polttoainekuljetuksia on tarkasteltu tavaramäärinä (t) tilastokeskuksen tuottaman aineiston perusteella. Savo-Karjalan ja Keski-Suomen sekä Oulun ja Lapin tiepiirien tavaramäärät olivat yhdistettyinä lähteenä olleessa tilastokeskuksen aineistossa, joten tavaramäärät on jaettu kyseisten läänien kaikkien tavaramäärien suhteessa koskemaan tarkasteltavia alueita.

Maidonkeräyksen luvut on saatu maaseutuelinkeinopiirien mukaisesta jaotelusta (16 maaseutuelinkeinopiiriä) ja kuljetusmäärät (l) on arvioitu eri tiepiireille. Keski-Pohjanmaan elinkeinopiirin maitomääristä on puolet jaettu Vaasan tiepiiriin ja puolet Oulun tiepiiriin. Viljeltyjen peltujen pinta-alat on saatu maatilarekisteristä. Luvut on muutettu vastaamaan tarkasteltavia alueita. Peltopinta-alat kuvaavat eläinkuljetusten määriä ja toisaalta heijastavat myös lannoite- ja maanparannusainekuljetuksia.

Liikennesuoritetta tarkastellaan lähinnä henkilöautoliikenteelle syntyvän haitan huomioonottamiseksi. Sorateiden liikennesuorite on saatu tielaitoksen julkaisusta 3/1997.

Kuljetus- ja liikennesuoritteiden oletetaan pysyvän tarkasteluvuosina samansuuruisina. Runkokelirikkovaurioita sisältävien sorateiden lukumäärät ovat puolestaan tarkasteluvuosittain toteutuneita (taulukko 23). Lisäksi tarkastelussa tarvitaan kaikkien sorateiden lukumäärät ja keskipituus eri alueilla.

Taulukko 23. Runkokelirikkovaurioisten sorateiden lukumäärä sekä tiepiirien kaikkien sorateiden lukumäärä ja keskipituus.

Tiepiiri	Runkokelirikkoteiden lukumäärä [kpl]			Kaikkien sorateiden lkm [kpl]	Sorateiden keskipituus [km]
	1996	1997	1998		
Häme	139	119	314	451	6.917
KaS	177	238	82	498	7.448
KeS	147	175	189	266	9.026
Lappi	54	37	80	250	11.639
Oulu	83	124	230	520	8.806
SK	212	248	309	618	8.341
Turku	97	80	119	376	5.884
Vaasa	63	83	136	454	6.622
Koko maa	972	1104	1459	3433	7.751

Eri tekijöiden yhteisvaikutuksen selvittämiseksi tiepiirien soratiestön kuljetus- ja liikennesuoritteet suhteutetaan koko maan vastaaviin suoritteisiin, jolloin saadaan ns. suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut. Haittaluvut painotetaan kertoimilla, jotka kuvaavat eri suoritteiden kohdentuvuutta soratieverkolle. Painotuksen avulla saatujen liikenteen kokonaishaittakertoimien perusteella saadaan kokonaiskuva soratiestön runkokelirikon aiheuttamien liikenteellisten haittavaikutusten alueellisista eroista.

Runkokelirikon aiheuttamaa haittaa tarkasteltaessa vaurioteiden lukumääriä painotetaan piireittäin vaurioiden vakavuuden mukaisesti, jolloin saadaan ns. runkokelirikkovaurioiden vaikeuskerroin. Tiepiirien vaikeuskertoimet suhteutetaan keskenään vertailukelpoisiksi käyttäen vertailukohtana vuoden 1998 runkokelirikotilannetta, jolloin saadaan ns. suhteelliset vaikeuskertoimet.

Yhdistämällä liikenteen kokonaishaittakertoimien ja runkokelirikon suhteellisten vaikeuskertoimien vaikutus saadaan alueelliset haittaindeksit, jotka kuvaavat runkokelirikosta soratiestön käytettävyydelle aiheutuvia haittavaikutuksia. Toinen vertailukohde on koko maalle määritetty keskimääräinen haittaindeksi.

Sorateiden alueellisen haittavaikutustarkastelun kulkua havainnollistetaan laskennan edetessä edellä esitettyjen muuttujien lisäksi yksityiskohtaisempien esimerkkitulosten avulla.

5.22 Runkokelirikon alaiset kuljetus- ja liikennesuoritteet

Tarkasteltaville kuljetuslajeille ja liikennesuoritteille määritetään vuosittaisten suoritteiden perusteella runkokelirikkaisen soratiestön alueelliset kuljetus- ja liikennesuoritteet. Kuljetus- ja liikennesuoritteiden avulla verrataan yksittäisten kuljetustekijöiden alueellisia eroja keskenään.

Alueelliset kuljetussuoritteet määritetään kaavan 1 mukaisesti tiepiirikohtaisesti runkokelirikkoisten sorateiden suhteellisen osuuden, vuosittaisten tavararyhmien kuljetusmäärien sekä piirin sorateiden keskipituuksien avulla. Koska runkokelirikkoisten sorateiden tie- ja liikenneolosuhteet ovat kohdan 4 perusteella hyvin samankaltaiset kuin yleensä sorateilla, kaavan 1 käyttö on tältä osin perusteltua.

$$KULS_{ij} = VK_i \times \frac{a_j \cdot t \cdot M_{ij}}{ST_i} \times \frac{KP_i}{2} \quad (1)$$

missä,

$KULS_{ij}$	= runkokelirikon alainen kuljetussuorite (tkm, lkm, m ³ km)
VK_i	= alueen i runkokelirikkoisten sorateiden lukumäärä (kpl)
ST_i	= alueen i sorateiden lukumäärä (kpl)
KP_i	= alueen i sorateiden keskipituus (km)
M_{ij}	= alueen i tavararyhmän j kokonaismäärä (t, l, m ³)
a_j	= tavararyhmän j soratiestön käyttöosuus, lähtö- tai määräpaikka soratiestöllä (% / 100)
t	= runkokelirikkoajan osuus vuodesta (= 2 / 12)

Koska kuljetussuoritteen laskentaa varten ei ole käytettävissä maatilojen eläinmääriä, on eläinkuljetus arvioitu alueen pellohehtaareja käyttäen. Eläinkuljetukset tulee ottaa tarkasteluun mukaan, koska kuljetusten ajoitusta ei voida sovittaa riittävästi kelimääräajan suhteen. Eläinkuljetuksissa kuljetussuoritteen yksiköksi muodostuu siten *ha km*.

Kuljetusten jakautumista päätieverkolle ja alemmalle verkolle ei tiepiirikohtaisesti tunneta. Siksi kuljetusten on oletettu jakautuvan samassa suhteessa kussakin tuoteryhmässä kaikissa tiepiireissä. Koko liikenneverkon vuosittaisista kuljetusmääristä on tavararyhmittäin arvioitu osuus, joka liikkuu soratieverkolle. Soratieverkolle kohdistetuissa kuljetuksissa kuljetusten lähtö- tai määräpaikka sijaitsee soratiestön vaikutuspiirissä. Lähtöpaikoista oletetaan olevan raakapuulla ja turpeella 100 %, maidon keräyksellä 75 % ja eläinkuljetuksilla 50 % kyseisen tiepiirin soratiestön vaikutuspiirissä. Polttoaine-, maatalous- ja elintarvikekuljetukset edustavat alueelle tulevia jakeluvirtoja, joiden määräpaikan oletetaan 25 %:sti sijaitsevan soratien vaikutuspiirissä. Yksittäisten kuljetusten oletetaan lisäksi kohdentuvan puolelle soratien keskimääräisestä pituudesta, lukuunottamatta maidon keräystä, joka käyttää soratietä koko pituudeltaan. Runkokelirikon kestoajaksi on arvioitu 2 kuukautta koko maassa.

Alueelliset liikennesuoritteet määritetään tiepiirikohtaisesti runkokelirikkoisten sorateiden suhteellisen määrän ja vuosittaisen liikennesuoritteen avulla kaavan 2 mukaisesti. Myös liikennesuoritteiden yhteydessä runkokelirikon kestoajaksi arvioidaan 2 kuukautta kaikissa tiepiireissä. Liikennesuoritteen yksikkö kuvaa matkaa, jonka ajoneuvot liikkuvat soratiestöllä runkokelirikkohaitalle altistuneina.

$$LIKS_i = VK_i \times \frac{t \cdot LS_i}{ST_i} \quad (2)$$

missä, $LIKS_i$ = runkokelirikon alainen liikennesuorite (ajon km)
 VK_i = alueen i runkokelirikkoisten sorateiden lukumäärä (kpl)
 ST_i = alueen i sorateiden lukumäärä (kpl)
 LS_i = alueen i sorateiden liikennesuorite (ajon km)
 t = runkokelirikkoajan osuus vuodesta (= 2 / 12)

Koska kuljetussuoritteiden tuoteryhmät ja liikennesuoritteet on ilmaistu toisistaan poikkeavissa yksiköissä (tonni, kuutiometri, litra, hehtaari, ajonkm), voidaan runkokelirikon aikaisia kuljetus- ja liikennesuoritteita suoraan verrata vain yhdessä tuoteryhmässä kerrallaan (taulukko 24).

Taulukko 24. Runkokelirikon alaiset kuljetus- ja liikennesuoritteet (milj. km) tiepiireittäin vuosille 1996, 1997 ja 1998.

Tiepiiri	1996							
	Raaka- puukulj.	Maata- loustuot.	Maidon- keräys	Viljelty peltoala	Elintar- vike	Poltto- aineet	Turve- tuotanto	Liikenne- suorite
	[m ³ km]	[t km]	[l km]	[ha km]	[t km]	[t km]	[m ³ km]	[ajonkm]
Häme	0.89	0.05	65.02	0.02	0.17	0.02	0.11	5.24
KaS	1.81	0.04	94.97	0.02	0.15	0.09	0.51	9.66
KeS	1.48	0.01	73.57	0.02	0.06	0.04	0.76	9.95
Lappi	0.64	0.01	29.54	0.00	0.05	0.02	0.10	3.71
Oulu	0.52	0.01	61.49	0.01	0.06	0.06	0.72	4.66
SK	1.63	0.01	149.86	0.03	0.17	0.07	0.96	12.58
Turku	0.33	0.10	30.93	0.03	0.09	0.09	0.38	4.04
Vaasa	0.26	0.02	52.61	0.02	0.05	0.03	0.26	3.52
Yhteensä	6.79	0.31	585.13	0.17	0.84	0.48	3.99	52.71
	1997							
Häme	0.76	0.05	55.67	0.02	0.14	0.02	0.09	4.49
KaS	2.44	0.05	127.70	0.03	0.20	0.13	0.68	12.98
KeS	1.76	0.01	87.59	0.02	0.07	0.05	0.91	11.84
Lappi	0.44	0.00	20.24	0.00	0.04	0.01	0.07	2.54
Oulu	0.78	0.01	91.87	0.02	0.09	0.08	1.08	6.96
SK	1.91	0.01	175.31	0.03	0.20	0.08	1.13	14.71
Turku	0.27	0.09	25.51	0.02	0.07	0.08	0.32	3.33
Vaasa	0.34	0.02	69.31	0.02	0.06	0.04	0.34	4.63
Yhteensä	7.71	0.35	664.59	0.20	0.95	0.55	4.53	59.87
	1998							
Häme	2.01	0.12	146.88	0.05	0.38	0.04	0.25	11.84
KaS	0.84	0.02	44.00	0.01	0.07	0.04	0.23	4.47
KeS	1.90 *	0.01	94.59	0.02	0.08	0.05	0.98	12.79
Lappi	0.95	0.01	43.76	0.01	0.08	0.03	0.14	5.49
Oulu	1.45	0.02	170.40	0.03	0.17	0.15	2.00	12.90
SK	2.38	0.01	218.43	0.04	0.24	0.10	1.40	18.33
Turku	0.41	0.13	37.94	0.03	0.11	0.11	0.47	4.96
Vaasa	0.56	0.03	113.57	0.03	0.10	0.07	0.56	7.59
Yhteensä	10.20 *	0.46	878.29	0.26	1.26	0.72	5.99	79.12

* esimerkiksi vuonna 1998 runkokelirikon alaisten raakapuukuljetusten määrä oli Keski-Suomen tiepiirissä 1.9 milj. m³ km, kun vastaava kuljetussuorite oli koko maassa 10.2 milj. m³ km.

Raakapuu- ja eläinkuljetuksissa sekä maidon keräyksessä runkokelirikon alainen kuljetussuorite vuonna 1998 oli suurin Savo-Karjalan tiepiirin sora-

tieverkolla. Kyseiset suoritteet ovat olleet huomattavan suuria myös Hämeen tiepiirissä. Turve- ja polttoainekuljetuksissa suurimmat runkokelirikon alaiset kuljetussuoritteet kohdistuivat Oulun tiepiiriin sekä elintarvikekuljetuksissa Hämeen tiepiiriin soratieverkolle vuonna 1998. Maataloustuotteissa keväällä 1998 runkokelirikon alaiset kuljetussuoritteet painottuivat Hämeen ja Turun tiepiireihin.

Runkokelirikon alainen liikennesuorite oli suurin Savo-Karjalan tiepiirissä vuonna 1998. Liikennesuoritteet olivat huomattavia myös Oulun, Keski-Suomen ja Hämeen tiepiireissä.

5.23 Suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut

Koska runkokelirikon alaiset kuljetus- ja liikennesuoritteet halutaan keskenään ja valtakunnalliseen tasoon nähden vertailukelpoisiksi, suoritteet suhteutetaan alueittain toisiinsa käyttäen perusvertailuvuotena koko maalle määritettyjä suoritteita vuodelta 1998. Koko maan suoritteet eivät ole suoraan tiepiirien suoritteista yhteenlaskettuja, vaan ne on määritetty käyttäen soratien keskipituutena koko maan sorateiden keskimääräistä pituutta (vrt. kaava 1). Suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut on saatu alueittain jakamalla tiepiirien suoriteryhvät koko maan suoritteilla ja kertomalla tulos tarkasteluun kuuluvien tiepiirien lukumäärällä.

Suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut on esitetty tiepiireittäin vuosille 1996-1998 liitteessä 5. Esimerkiksi Keski-Suomen tiepiirissä raakapuun suhteellinen kuljetussuoritehaittaluku vuodelle 1998 on 1.5 ($= (1.9 / 10.2) \times 8$), kun Vaasan tiepiirissä vastaava haittaluku on alle 0.5. Samanaikaisesti suhteellinen liikennesuoritehaittaluku on Keski-Suomen tiepiirille 1.3 ja Vaasan tiepiirille 0.8 suuruusluokkaa. Perusvertailuvuoden 1998 koko maata kuvaava haittaluku on aina 1.0.

Raakapuu- ja maitokuljetuksille aiheutui runkokelirikosta suurin suhteellinen haitta vuonna 1998 Savo-Karjalan tiepiiriin kuuluvilla alueilla. Vuoden 1998 raakapuu- ja maitokuljetuksille määritetty haittaluku oli selvästi yli koko maan keskimääräisen tason myös Hämeen ja Keski-Suomen tiepiireissä. Hämeen tiepiirissä koko maan tasoon verrattuna runkokelirikosta aiheutui huomattavaa haittaa myös maataloustuote-, eläin- ja elintarvikekuljetuksille vuonna 1998. Toinen alue, jossa maataloustuotekuljetuksien haittaluku vuodelle 1998 oli suuri, on Turun tiepiiri. Vastaavasti polttoaine- ja voiteluainekuljetuksille suhteellinen haitta oli huomattava Oulun tiepiirin alueella.

Liikennesuoritteelle runkokelirikosta aiheutunut haitta oli suhteellisesti suurin Savo-Karjalan tiepiirissä. Liikennesuoritteen haittaluku vuodelle 1998 oli kuitenkin yli koko maan keskimääräisen tason myös Hämeen, Keski-Suomen ja Oulun tiepiireissä.

5.24 Liikenteen kokonaishaittakertoimet

Liikenteen kokonaishaittakertoimien määrittämiseksi kullekin kahdeksalle tarkastelun kohteena olevalle suoriteryhmälle annetaan painokerroin, joilla alueiden suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut kerrotaan. Tämän

jälkeen lasketaan painotettu summa, mikä puolestaan jaetaan painokertoimien summalla (24). Painokertoimina on käytetty seuraavia lukuja :

- Raakapuukuljetus	4
- Maataloustuotekuljetus	1
- Maidonkeräys	3
- Eläinkuljetus (viljelty peltoala)	2
- Elintarvikekuljetus	1
- Polttoaine- ja voiteluainekuljetus	1
- Turvekuljetus	4
- Liikennesuorite	8
<hr/> Yhteensä	<hr/> 24

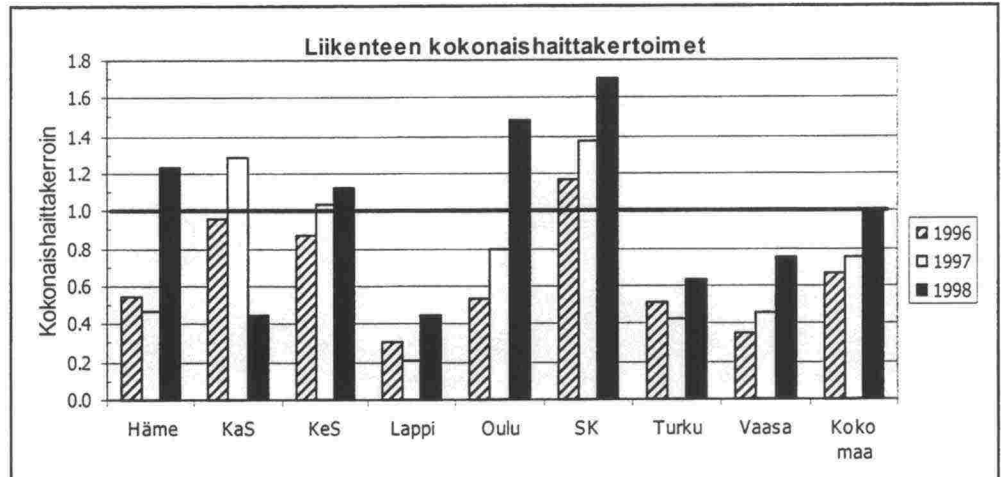
Raakapuu ja turve (painokerroin 4) kulkee käytännössä kokonaisuudessaan soratieverkon kautta, jolloin myös kuljetuksille runkokelirikosta aiheutuvat haitat kohdentuvat niihin laajimmin. Maidonkeräykselle on annettu painoarvoksi kolme (75 % kuljetuksista sorateilla) ja eläinkuljetuksille (50 % kuljetuksista sorateilla) kaksi. Muille kuljetuslajeille painokertoimena käytetään lukua yksi. Kuljetusten yhteinen painotus mallissa on siten 16 eli kaksi kolmasosaa kokonaishaitasta. Kuljetushaittojen painoarvoa voidaan perustella jo vähäisiä kelirikkovaurioita seuraavilla painorajoituksilla ja liikennöinnin vaikeutumisella. Sorateiden liikennesuoritteen painoarvo on 8 eli kolmannes kokonaishaitasta. Liikennesuoritteeseen sisältyvät mm. jokapäiväiset työmatkat, koululaiskuljetukset ja vapaa-ajan liikkuminen.

Edellä esitetty kuljetusten painottaminen on hyvin keinotekoinen, mutta sillä tähdätään kuljetusten tiehen kohdistaman rasittavuuden (kokonaismassa ja toistuvuus) ja toisaalta kuljetustarpeen välttämättömyyden (aikataulut ja elinkeinotoiminta) samanaikaiseen huomioonottamiseen. Yksityisteillä erilaisia kuljetuksia arvioidaan ja painotetaan yleisesti sekä tieyksiköitä määritettäessä että yksittäisille kuljetuksille määrättäviä lisämaksuja arvioitaessa. Käytöön soveltuvia ohjeita ovat laatineet mm. Maanmittauslaitos ja Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio /10,15/. Ko. ohjeissa painottuvat ennen muuta ajoneuvon kokonaismassa ja kuljetusten toistuvuus. Erityisesti maitokuljetusten merkitys korostuu yksityistiekuljetusten kustannuksia määritettäessä.

Liikenteen kokonaishaittakertoimet esittävät runkokelirikon aiheuttamien haittojen suhteet tiepiireittäin sekä haittojen suuruusluokan koko maan keskimääräiseen tasoon verrattuna (kuva 19). Esimerkiksi vuonna 1998 Keski-Suomen tiepiirin alueella liikenteelle aiheutuva kokonaishaitta olisi noin 1.1 ($= (4 \times 1.5 + 1 \times 0.2 + 3 \times 0.9 + 2 \times 0.7 + 1 \times 0.5 + 1 \times 0.6 + 4 \times 1.3 + 8 \times 1.3) / 24$) eli 10 % yli koko maan keskimääräisen tason. Vastaavasti Vaasan tiepiirin alueella liikenteelle aiheutuva kokonaishaitta olisi noin 0.8 eli 20 % alle koko maan keskimääräisen tason. Vähäinen kokonaishaitta johtuu siitä, että Vaasan tiepiirissä runkokelirikkoisten sorateiden osuus kaikista sorateista on varsin alhainen.

Runkokelirikosta liikenteelle aiheutuva kokonaishaitta vuodelle 1998 on suurin Savo-Karjalan ja Oulun tiepiirien alueilla. Oulun tiepiirissä liikenteelle aiheutuvan haitan suuruus johtuu suurimmaksi osaksi soratieverkon turvekuljetuksista. Muita koko maan keskimääräisen tason ylittäviä alueita ovat Hämeen ja Keski-Suomen tiepiirit. Koko maan keskimääräisen tason alle jääviä

alueita vuonna 1998 ovat Vaasan, Turun, Lapin ja Kaakkois-Suomen tiepiirit. Ainoa alue, jossa liikenteen kokonaishaitta on selvästi pienentynyt tarkasteluvuosien aikana, on Kaakkois-Suomen tiepiiri. Haitan näennäinen pieneneminen johtunee pääasiassa runkokelirikkoinventointien puutteellisuuksista.



Kuva 19. Liikenteen kokonaishaittakertoimet tiepiireittäin vuosina 1996, 1997 ja 1998.

5.25 Runkokelirikkovaurioiden vaikeuskertoimet

Runkokelirikon vaikeus otetaan huomioon nelivaiheisesti. Ensimmäisessä vaiheessa lasketaan yhteen tietyn alueen eri vaurioluokkiin kuuluvien sorateiden lukumäärät (kaava 3). Määrittäytavasta johtuen sorateilla, missä on eri luokkaisia vaurioita, sama tie tulee laskelmiin mukaan kahdesti tai kolmesti riippuen vaurioluokkien lukumäärästä. Tällä ei kuitenkaan ole käytännön merkitystä, kunhan toisessa vaiheessa (sorateiden painotettu summa) vaurioluokkien painokertoimia määritettäessä otetaan myös tämä seikka huomioon (kaava 4).

$$SS = VL_1 + VL_2 + VL_3 \quad (3)$$

missä,

SS	= runkokelirikkoisten sorateiden summa
VL_1	= vaurioluokkaan 1 kuuluvien sorateiden lukumäärä
VL_2	= vaurioluokkaan 2 kuuluvien sorateiden lukumäärä
VL_3	= vaurioluokkaan 3 kuuluvien sorateiden lukumäärä

$$SS_p = 6 \cdot VL_1 + 4 \cdot VL_2 + VL_3 \quad (4)$$

missä,

SS_p	= runkokelirikkoisten sorateiden painotettu summa
--------	---

Laskelmissa vaikeimman eli vaurioluokkaan 1 kuuluvien sorateiden painokerroin on kuusi, vaurioluokan 2 neljä ja vaurioluokan 3 yksi. Vaurioluokan 1 painokertoimeksi valittiin niinkin suuri painokerroin kuin kuusi, jotta suuri liikenteellinen haitta tulisi huomioonotetuksi. Toisaalta painokerroin ei saa olla liian suuri, koska vaurioluokan 1 teillä on yleensä muunkin luokkaisia vaurioita, mikä sinänsä lisää vaurioluokan 1 painoarvoa laskelmissa. Vau-

rioluokan 2 painokertoimeksi valittiin puolestaan neljä siitä syystä, että se ensinnäkin poikkeaisi riittävästi vaurioluokan 3 painokertoimesta (yksi). Toiseksi se ei saisi poiketa liiaksi vaurioluokan 1 painokertoimesta, koska vaurioluokkien 1 ja 2 selkeä erottaminen toisistaan on käytännössä vaikeaa. Laskelmissa kokeiltiin muunkin suuruisia painokertoimia, mutta niiden vaikutus lopputulokseen oli yllättävänkin vähäistä.

Kolmannessa vaiheessa määritetään runkokelirikkovaurioiden alueellinen (tiepiirikohtainen) vaikeuskerroin (V_k) runkokelirikkoisten sorateiden painotetun summan (SS_p) ja summan (SS) suhteena (kaava 5). Mitä suurempi vaikeuskerroin on, sitä vaikeampia ovat tietyn alueen runkokelirikkovauriot.

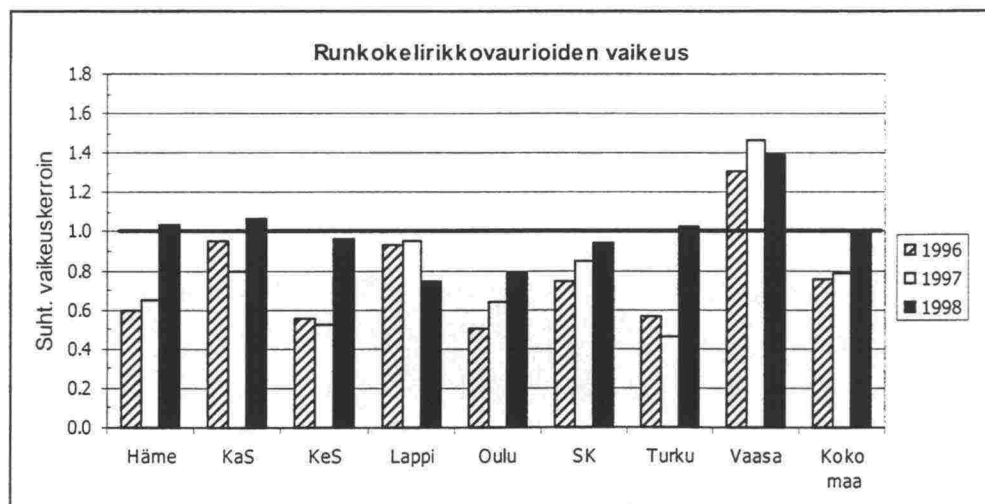
$$V_k = \frac{SS_p}{SS} \quad (5)$$

Neljännessä vaiheessa eri vuosien ja alueiden runkokelirikkovaurioiden vaikeus suhteutetaan vertailun helpottamiseksi koko maan kevään 1998 tilanteeseen kaavalla 6. Suhteellisen vaikeuskertoimen ollessa 1 runkokelirikkovaurioiden vaikeus vastaa koko maan kevään 1998 runkokelirikkovaurioiden keskimääräistä vaikeutta.

$$V_{ks} = \frac{V_k}{V_{k98}} \quad (6)$$

missä, V_{ks} = runkokelirikkovaurioiden suhteellinen vaikeuskerroin
 V_{k98} = koko maan runkokelirikkovaurioiden vaikeuskerroin vuonna 1998

Lähtöarvot eli eri vaurioluokkiin kuuluvien sorateiden lukumäärät tarkastelu-vuosina ja eri vaiheiden tulokset numeroarvoina esitetään liitteessä 6. Suhteellisen vaikeuskertoimen perusteella vuosina 1996 ja 1997 runkokelirikkovaurioiden koko maan keskimääräinen vaikeus on samaa luokkaa (kuva 20). Vuonna 1998 runkokelirikkovaurioiden vaikeus on selvästi suurempi kuin kahtena edellisellä vuotena. Tiepiireittäin tarkasteltuna tilanne on samankaltainen lähes koko maassa.



Kuva 20.

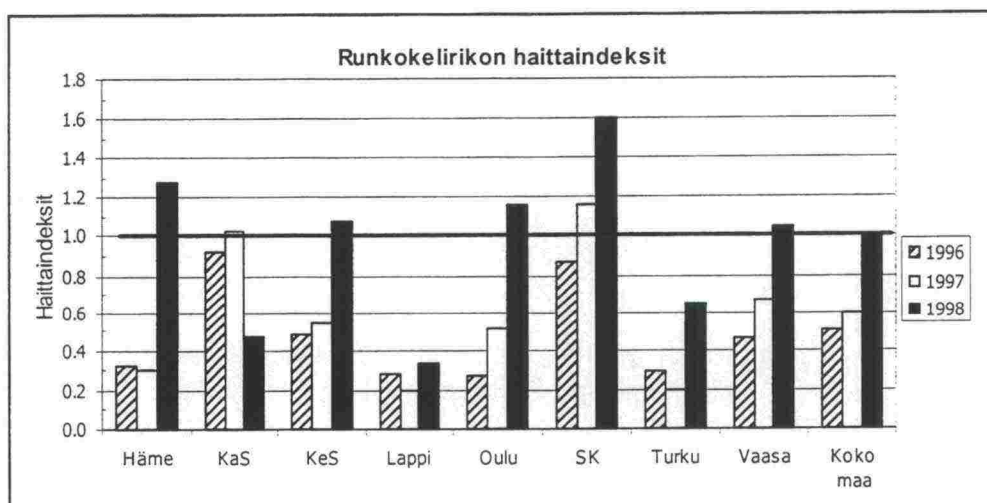
Suhteelliset vaikeuskertoimet tiepiireittäin vuosina 1996, 1997 ja 1998.

Vuonna 1998 runkokelirikkovaurioiden vaikeus on selvästi suurin Vaasan tiepiirissä suhteellisen vaikeuskertoimen ollessa lähes 1.4. Runkokelirikkovaurioiden vaikeus on puolestaan selvästi keskimääräistä pienempi Lapin (0.75) ja Oulun (0.79) tiepiireissä. Muissa tiepiireissä runkokelirikkovaurioiden vaikeus vuonna 1998 on lähellä koko maan keskimääräistä arvoa.

5.26 Runkokelirikon hättaindeksit

Runkokelirikon hättaindeksit, jotka kuvaavat runkokelirikosta soratiestön käytettävyydelle aiheutuvia hättavaikutuksia, saadaan kertomalla keskenään liikenteen kokonaishättakerroin ja runkokelirikkovaurioiden suhteellinen vaikeuskertoimen. Määrittäytavasta johtuen koko maan keskimääräinen runkokelirikon hättaindeksi vuonna 1998 on yksi.

Hättaindeksien perusteella vuosina 1996 ja 1997 runkokelirikosta johtuva hättä oli koko maassa keskimäärin varsin lähellä toisiaan (kuva 21). Vuonna 1998 runkokelirikosta johtuva hättä oli puolestaan lähes kaksinkertainen kahteen edelliseen vuoteen verrattuna. Myös tiepiireittäin tarkasteltuna vuosi 1998 oli pahin kelirikkovuosi tarkastelujaksolla lukuunottamatta Kaakkois-Suomen tiepiiriä.



Kuva 21. Runkokelirikon hättaindeksit tiepiireittäin vuosina 1996, 1997 ja 1998.

Vuonna 1998 runkokelirikosta johtuva hättä oli selvästi suurin, hättaindeksi noin 1.6 ($= 1.71 \times 0.94$), Savo-Karjalan tiepiirissä. Seuraavaksi suurimmat runkokelirikosta johtuvat hättä olivat Hämeen ja Oulun tiepiireissä vastaavien hättaindeksien ollessa vajaat 1.3 ja 1.2. Myös Keski-Suomen ja Vaasan tiepiireissä hättaindeksit ovat hieman keskimääräistä suuremmat. Kaakkois-Suomen, Lapin ja Turun tiepiireissä runkokelirikosta johtuva hättä oli selvästi koko maan keskimääräistä hättää pienempi.

Vuonna 1998 runkokelirikosta johtuva hättä oli Savo-Karjalan tiepiirissä lähes viisinkertainen Lapin tiepiirin hättään verrattuna. Savo-Karjalan tiepiirin suuri hättaindeksi johtuu suuresta liikenteen kokonaishättäkertoimesta, koska runkokelirikkovaurioiden vaikeus oli lähellä koko maan keskiarvoa. Korkea liikenteen kokonaishättakerroin Savo-Karjalan tiepiirissä johtui puo-

lestaan siitä, että kaikkien tarkastelussa mukana olevien tavaralajien runkokelirikon aikaiset suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritteet olivat koko maan keskimääräisiä arvoja suuremmat. Lapin tiepiirissä sen sijaan sekä liikenteen kokonaishaittakerron että runkokelirikkovaurioiden suhteellinen vaikeuskerron olivat selvästi alle koko maan keskitason.

Vuonna 1998 Vaasan tiepiirissä runkokelirikosta johtuva haitta oli lähellä koko maan keskiarvoa, vaikka liikenteen kokonaishaittakerron oli selvästi alle koko maan keskiarvon. Tämä johtuu Vaasan tiepiirin runkokelirikkovaurioiden suuresta vaikeudesta eli suuresta 1. ja 2. luokan vaurioteiden lukumäärästä.

Käytetty malli toimii kuljetusmäärien ja liikennesuoritteiden suhteen varsin johdonmukaisesti korostaen mm. selkeästi Savo-Karjalan suurille raakapuu-, maataloustuote- ja maitokuljetuksille sekä liikennesuoritteelle ja vastaavasti Oulun tiepiirin suurille turvekuljetuksille aiheutuvaa haittaa.

Runkokelirikkovaurioiden vaikeus heijastuu mallissa suhteellisen voimakkaana, mikä toisaalta kuvaa aivan oikein haitan konkreettisuutta. Vaurioluokan arviointi, vaikka sille on olemassa selkeät ohjeet, poikkeaa hieman eri piireissä. Yleisemminkin voidaan arvioida, että haittaindeksin määrittämisessä suurin epävarmuustekijä liittyy tehtyihin vaurioinventointeihin. Myös "ehkäisevien kelirikkorajoitusten" käyttö on saattanut vaikuttaa inventointituloksiin kuten Pohjois-Suomessa näyttäisi tapahtuneen.

Yhtenä epävarmuustekijänä mallissa on myös painokertoimien käyttö, jokaan kohtalaisen suurelleen muutokset painokertoimissa eivät vaikuta merkittävästi haittaindekseihin. Lisäksi laskelmissa oletetaan, että kuljetukset jakaantuvat samassa suhteessa kaikissa tiepiireissä. Käytännössä tämä ei pidä tarkalleen paikkaansa, mutta valtakunnallisesti lähestymistapa lienee hyväksyttävä. Sitä, miksi tarkastelussa käsitellään runkokelirikkoisia soraiteita kokonaisuudessaan, perustellaan tarkemmin kohdassa 5.3.

Edellä mainituista seikoista johtuen määritetyt runkokelirikon haittaindeksit, jotka kuvaavat runkokelirikosta soratiestön käytettävyydelle aiheutuvia haittavaikutuksia, toimivat varsin hyvin, joskin ne pitävät sisällään tiettyjä epävarmuustekijöitä. Ilmeisesti Vaasan tiepiirille määritetty haittaindeksi aliarvioi runkokelirikosta aiheutuvia haittavaikutuksia. Aliarviointi johtuu lähinnä siitä, että liikenteen kokonaishaittakertoimissa ei ole otettu huomioon Vaasan tiepiirin poikkeuksellisen pitkiä vauriokohtia. Muiden tiepiirien osalta määritetyt haittaindeksit kuvannevat haittavaikutuksia tasapuolisesti.

5.3 Runkokelirikon liikenteelliset lisäkustannukset

Runkokelirikon aiheuttamien kustannusten arvioiminen on vaikeaa, paitsi kelirikon vuosittaisten alueellisten kohdentumis- ja vaikeuserojen, myös kelirikon erilaisen haitan kokemisen, sekä välittömien ja välillisten kustannusten kohdistettavuuden vuoksi. Vaikka kelirikon alainen tien kohta voi olla verraten lyhyt, estää kyseinen haitta usein koko tieosan tai jopa koko tien käytön, varsinkin raskaalta liikenteeltä, ja johtaa kiertoteiden tai korvaavien yhteysratkaisujen etsimiseen. Kelirikon taloudelliset menetykset kohdentuvat suoraan tienkäyttäjiin lisääntyvinä ajoneuvo- ja aikakustannuksina sekä lisään-

tyvänä epämuikavuutena. Kaupan ja teollisuuden kuljetuksissa kalusto- ja tavaravaurioiden riski lisääntyy sekä kuljetusmahdollisuuksien kokonaan es-tyessä tavarana pilaantumisen ja laatuavurioiden riski kasvaa.

Kelirikon keston erot eri vuosina ja maan eri osissa vaikeuttavat myös kokonaishaitan taloudellista arviointia. Kelirikon kesto voi Etelä-Suomessa jäädä helppona keväänä lyhyeksi, kun taas Pohjois-Suomessa kelirikko voi vaikeana keväänä kestää hyvin pitkän ajan. Esimerkiksi entisessä Kuopion tiepiirissä vuosina 1974-1993 kelirikon kesto (painorajoitukset) vaihteli 36 ja 95 vuorokauden välillä, keskiarvon ollessa 68 vuorokautta. Toki on otettava huomioon, että nimenomaan runkokelirikosta johtuvan haitan kesto on jonkin verran lyhempi kuin kelirikon kokonaiskesto. /11/

Jos oletetaan henkilöautoliikenteelle aiheutuvien ajoneuvokustannusten kasvavan 20 % ja aikakustannusten 15 % kelirikon vaivaamilla teillä (esim. matkanopeus alenee 73 km/h:ssa 62 km/h:iin), merkitsisi se noin 30 p/km lisäkustannusta. Henkilöautoliikenteelle kelirikko aiheuttaa kiertotien tai muun korvaavan yhteyden tarpeen vain vaikeimmissa kelirikkokohteissa. Tässä oletetaan haitan kohdentuvan koko tien osalle.

Esimerkiksi vuonna 1998 runkokelirikon alaisia sorateita oli maassamme 1459 kappaletta, ja niillä keskimääräinen liikenne oli 124 henkilöautoa ja 9 raskasta ajoneuvoa vuorokaudessa. Kyseisten sorateiden keskipituus oli 7.8 km. Sinänsä yksittäisten teiden liikennemäärät ja kelirikkoteiden pituudet vaihtelevat huomattavasti. Jos kelirikon keskimääräiseksi kestoksi oletetaan 50 vuorokautta, saadaan henkilöautoliikenteelle kelirikosta vuonna 1998 aiheutuneelle lisähaitalle arvio:

$$KH_{kev} = 0.3mk / ajonkm \times 124ajon / vrk \times 50vrk \times 7.8km \times 1459 = 21.2Mmk$$

Raskaan liikenteen osalta kustannusten arvioiminen on huomattavasti vaikeampaa, koska kustannusten jakaminen ja kohdistaminen liikenteenharjoittajien, kaupan ja teollisuuden sekä yksityisen yritystoiminnan (karjatilat, puutarhatilat, turkistarhat, PK-yritykset jne) ja kotitalouksien kesken on ylivoimaista. Useat tiepiirit ovat arvioineet omilla alueillaan kelirikosta aiheutuneita kustannuksia tämän vuosikymmenen alkupuolen tilanteessa. Käsittelytavaksi on yleisesti valittu erikseen kelirikon johdosta syntyvän lisäajon kustannukset ja toisaalta teollisuudelle suoraan aiheutuvat lisäkustannukset.

Tässä tarkastelussa ei erotella eri osapuolia, vaan raskaan liikenteen oletetaan joutuvan kiertämään toisen tieyhteyden kautta ja lisäkustannukseen johtava kiertomatka on yksi keskimääräisen soratien pituus eli 7.8 km. Keskimääräisenä yksikkökustannuksena käytetään 8 mk/ajonkm, mikä on varsin lähellä raskaan yhdistelmäajoneuvon laskennallisen ajokustannuksen ja markkinahintaisen kuljetushinnan keskiarvoa. Käyttämällä kelirikon kestona henkilöautoliikenteen tavoin 50 vuorokautta, raskaan liikenteen KVL-arvona 9 ajon/vrk ja kelirikkokohteiden määränä 1459 saadaan raskaalle liikenteelle vuonna 1998 koituneen lisähaitan arvoksi:

$$KH_{rask} = 8.0mk / ajonkm \times 9ajon / vrk \times 50vrk \times 7.8km \times 1459 = 41.0Mmk$$

Laskemalla yhteen (taulukko 25) kevyiden ja raskaiden ajoneuvojen haittakustannukset, saadaan kelirikosta aiheutuviksi kokonaiskustannuksiksi vuodelle 1998 62.2 Mmk. Vastaavasti vuodelle 1997 määritettynä kelirikosta aiheutuneiden kevyen ajoneuvoliikenteen lisäkustannuksien (16.0 Mmk) ja raskaan ajoneuvoliikenteen lisäkustannuksien (31.0 Mmk) mukaiset liikenteelliset kokonaiskustannukset olisivat olleet 47.0 Mmk. Vuodelle 1996 kokonaiskustannukset olisivat puolestaan olleet 41.4 Mmk. Siten ajanjakson 1996-1998 perusteella kelirikosta voidaan olettaa aiheutuvan liikennöinnille kustannuksia vuosittain noin 50 Mmk.

Taulukko 25. Koko maan arvioitua kelirikon liikenteelliset lisäkustannukset vuosina 1996-1998.

Vuosi	Kevyet ajoneuvot	Raskaat ajoneuvot	Yhteensä
1998	21.2 Mmk	41.0 Mmk	62.2 Mmk
1997	16.0 Mmk	31.0 Mmk	47.0 Mmk
1996	14.1 Mmk	27.3 Mmk	41.4 Mmk
Keskimäärin	17.1 Mmk	33.1 Mmk	50.2 Mmk

Kun edellä saatuja raskaan liikenteen arvioita verrataan aiemmin mainittuihin tiepiirikohtaisiin arvioihin, jollaisia on olemassa mm. Keski-Suomen, Savo-Karjalan, Oulun ja Lapin tiepiireistä, vastaavat edellä saadut arviot varsin hyvin aikaisempien tutkimusten tasoa. Esimerkiksi Keski-Suomen tiepiirissä on vuonna 1993 arvioitu tielaitoksen käyttämällä raskaan liikenteen ajokustannuksilla yhteiskuntataloudelliseksi lisäajokustannuksiksi 5.7 Mmk. Teollisuuden yritystäloudelliseksi lisäkustannuksiksi arvioitiin 3.9 Mmk. On huomattava, että mainitut summat sisältävät osittain samoja kulueriä, eikä niitä siten voida laskea suoraan yhteen. Oulun tiepiirin alueella puolestaan vuoden 1993 kelirikosta aiheutuneet raskaan liikenteen lisäajokustannukset olivat 3.9 Mmk ja teollisuuden lisäkustannukset 2.8 Mmk. Savo-Karjalassa vuoden 1992 kelirikosta seurasi liikenteelle 3.1 Mmk lisäajokustannuksia ja teollisuudelle 0.7 Mmk lisäkustannuksia. /18,25,26 /

Esimerkiksi maan markkinahakkuista noin 12 % ja turvekuljetuksista lähes kolmannes tapahtuu Oulun tiepiirin alueella. Hieman alle 10 % sekä raaka-puusta että turpeesta saadaan Keski-Suomen tiepiirin alueelta. Edellä esitettyjen lukujen valossa päätelmä Oulun ja Keski-Suomen noin 15 % osuudesta maan kelirikon kokonaishaitasta johtaisi suuruusluokaltaan noin 30 Mmk kustannuksiin yksinomaan raskaan liikenteen lisäajosta koko maan tasolla. Kun tähän lisättäisiin teollisuudelle ja kaupalle aiheutuvia kustannuksia mm. raaka-aineiden saatavuuden vaikeutumisesta, laatuutteista, lisäkalustosta, jne, voivat kustannukset kohota helposti vielä 15-25 %.

Joka tapauksessa tässä tutkimuksessa arvioitua vuosina 1996-1998 raskaalle liikenteelle aiheutuneet 27.3 - 41.0 Mmk vuosittaiset kelirikkokustannukset ovat paremminkin alhaisia kuin liian suuria todellisiin kustannuksiin verrattuna.

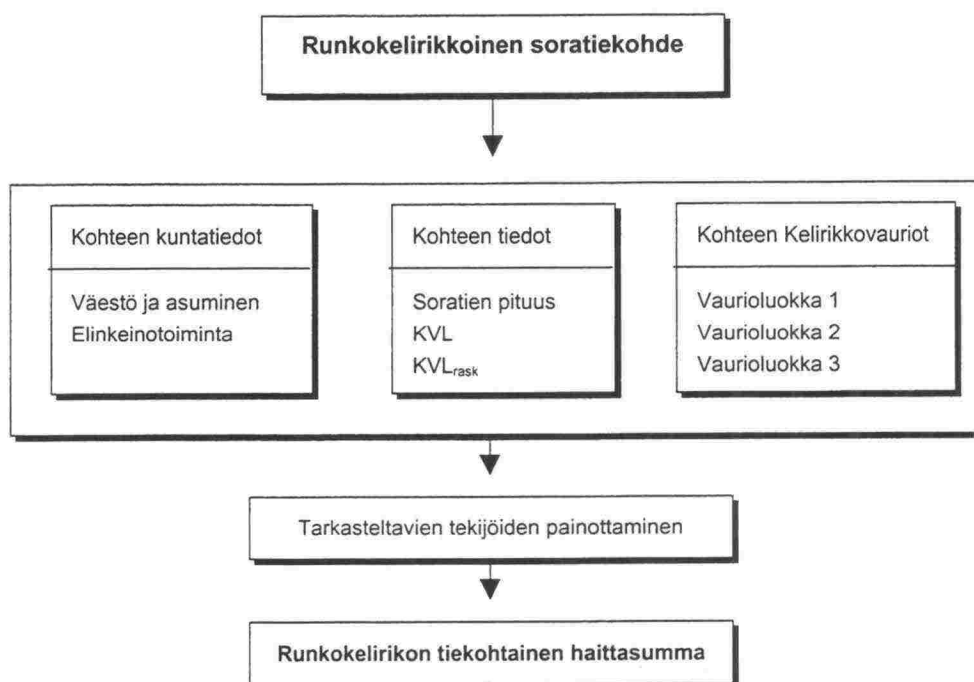
Korostettakoon vielä, että esitetyissä luvuissa ei ole mukana esimerkiksi epämuravuudesta, palveluiden saatavuuden heikkenemisestä, kotitalouksien huollon vaikeutumisesta, jne johtuvia kustannuksia. Tällaisille tekijöille ei ole kirjallisuudessa erikseen esitetty yksikköarvoja, mutta kyseiset tekijät

aiheuttavat kiistattomasti lisähaittoja. Myös kelirikon alaisilla teillä tapahtuva välttämätön liikennöinti kuormittaa tien rakennetta ja johtaa kunnossapitokustannusten kohoamiseen.

5.4 Tiekohtaiset toimenpidetarpeet

5.41 Tarkastelumenetelmä

Yksittäisten teiden runkokelirikkovaurioiden korjaustarpeen arvioimiseksi lähdetään kuntakohtaiseen tarkasteluun (kuva 22), missä tarkastellaan sorateiden liikennemääriä sekä kunnittain niiden väestö- ja elinkeinorakennetta teiden liikenteellisen palvelutarpeen arvioimiseksi. Tiekohtaista ongelmaa lähestytään karkeasti ja rajaudutaan esimerkinomaisesti vain suppeaan kuntaotokseen. Mukaan valitaan Oulun, Turun ja Keski-Suomen tiepiirien alueilta yhteensä kuusi kuntaa; Vihanti, Kuusamo, Karvia, Yläne, Petäjävesi ja Jämsä, missä soratiestöllä on esiintynyt runkokelirikkoo vuosina 1996-1998. Tarkastelumenettely esitetään yksityiskohtaisesti Jämsän kunnan soratiestöltä. Muiden kuntien osalta lähtötiedot ja tarkastelun tulokset (haittasummat) esitetään liitteissä 7 ja 8.



Kuva 22. Soratiestön runkokelirikon tiekohtaisen vaikutustarkastelun toimintaprosessi.

Runkokelirikkoisten sorateiden pituudet, liikennemäärät ja vaurioluokat on määritetty soratierekisterin ja soratiestön runkokelirikkoinventointien perusteella. Toisin sanoen tiedot edustavat tarkasteltavaa soratietä. Tiekohtaisen tarkastelun yhtenä ongelmana on liikennetietojen vajavaisuus. Keskimääräinen vuorokausiliikenne tunnetaan (on arvioitu) yleensä tieosittain. Soratien tieosalla saattaa kuitenkin esiintyä huomattavia liikennemäärän vaihteluita.

Raskaiden kuljetusten yksilöinti kelirikon tarpeiden kannalta on myös riittämätön. Sinänsä sorateiden vaikutuspiirissä asuvat olisi mahdollista selvittää paikkatietorekisterien avulla, mutta asukkaiden matkakäyttäytymistä tai edes matkareittejä ei kuitenkaan tunneta riittävästi, jotta liikennettä ja sen kelirikkohaittaa voitaisiin lähestyä olennaisesti edellä esitettyä tarkemmin.

Väestön ja elinkeinotoiminnan vaikutus on tiekohtaisessa tarkastelussa otettu huomioon tarkasteltavia kuntia koskevien tilastotietojen pohjalta (Tilastokeskuksen kuntatiedot). Kuntien tiedot on asetettu koskemaan kaikkia tarkastelualueiden runkokelirikkoisia sorateita. Tiekohtaisessa tarkastelussa oletetaan siis, että kunnan väestölle ja elinkeinotoiminnalle tulee runkokelirikkoisista sorateista painoarvoltaan samansuuruinen haitta.

Vertailun vuoksi liitteessä 9 esitetään tielaitoksen käyttämä tieosakohtainen runkokelirikon aiheuttaman haitan arviointimenetelmä. Tielaitoksen menetelmässä otetaan huomioon tieosan runkokelirikkokohtien pituus ja keskivuorokausiliikenne. Sen sijaan menetelmässä ei oteta huomioon runkokelirikkokohtien vaikeutta.

5.42 Tarkastelussa käytettävät raja-arvot ja painottaminen

Tarkasteltavien runkokelirikkoisten sorateiden liikennemääriä ja pituuksia sekä vaurioiden vakavuutta painotetaan tekijöille muodostettavien raja-arvojen perusteella. Myös väestömäärille ja elinkeinotoiminnalle muodostetaan vastaavat raja- ja painoarvot, jotta haitan laajuutta voitaisiin kunta-kohtaisesti arvioida sekä kohdentaa potentiaalisille käyttäjille ja kuljetuksille. Perustana luokituskriteerien raja- ja painoarvoille ovat soratiestölle ja Suomen kunnille ominaiset keskiarvotasot.

Liikenteellisiä tekijöitä (taulukko 26) painotetaan soratiekohtaisten maksimi-liikennemäärien avulla erikseen kevyille ja raskaille ajoneuvoille. Enimmillään liikennemääristä seuraava haittapistemäärä voi olla yhteensä 12. Liikennemäärien haittapistemäärä voi siis suurimmillaan edustaa runsasta 41 % kokonaishaitasta (maksimi pistemäärä 29).

Taulukko 26. Runkokelirikkoisten teiden liikennemäärien raja- sekä painoarvot.

Ajoneuvotyyppi	Raja-arvo (KVL)	Painoarvo
Kevyet ajoneuvot	< 30	1
	30 - 80	2
	80 - 150	3
	150 - 300	4
	300 - 500	5
	> 500	6
Raskaat ajoneuvot	< 3	1
	4 - 7	2
	8 - 14	3
	15 - 24	4
	25 - 40	5
	> 40	6

Koska yksittäiset vauriokohdat haittaavat liikennöintiä huomattavasti esiintymiskohtiaan laajemmalla alueella, usein jopa koko tien pituudella, otetaan

myös tarkasteltavan tien kokonaispituus huomioon haitan painotuksessa (taulukko 27). Kokonaispituudelle voi enimmillään tulla noin 10 % painoarvo.

Taulukko 27. Runkokelirikkoisten teiden pituuksien raja- sekä painoarvot.

Tienumerojaottelu	Raja-arvo (pituus [m])	Painoarvo
Kolminumeroiset ja Nelinumeroiset	0 – 6000	1
	6000 – 15000	2
	>15000	3
Viisinumeroiset	0 – 10000	1
	10000-20000	2
	> 20000	3

Runkokelirikon vakavuus otetaan haittapisteissä huomioon vakavimman kohteena olevalta soratieltä inventoidun vauriokohdan mukaisesti. Vaurioluokan 1 painoarvo on **kuusi**, vaurioluokan 2 **neljä** ja lievimmän luokan 3 **yksi**. Vaurioluokan 1 painoarvo kokonaishaitassa on siis enimmillään hie-
man yli 20 %.

Väestötekijöitä (taulukko 28) tarkastellaan kunnan asukastiheyden (as /km²) sekä asuinrakennusten potentiaalista sijoittumista kuvaavan kunnan asuinra-
kennusten määrän ja yleisen tieverkon pituuden suhteella (rak/km). Väes-
tötekijöiden yhteinen maksimipaino tiekohtaisessa tarkastelussa voi olla 4 eli
lähes 14 % kokonaishaitasta.

Taulukko 28. Väestön ja elinkeinotoiminnan raja- ja painoarvot . /9/

Muuttuja		Keskiarvo	Raja-arvo	Painoarvo
Väestö ja asuminen	Asukastiheys (as/km ²)	56,6	0 – 10	0
			10 – 30	1
			> 30	2
	Asuinrakennuksia/ tiekilometri (rak/km)	13,3	0 – 5 5 – 15 > 15	0 1 2
Elinkeinotoiminta	Maatiloja (kpl/1000 as)	59,3	0 – 40	0
			40 – 80	1
			> 80	2
	Alkutuotannon työpaikat (%)	25,3	0-15 15 – 35 > 35	0 1 2

Koska valtaosa alemmasta tieverkosta on maaseudulla, elinkeinotekijöiden huomioonottamisella lähestytään maa- ja metsätaloudelle aiheutuvaa poten-
tiaalista haittaa. Kelirikko haittaa ennen muuta maa-, metsä-, karja- ja lava-
viljelytilojen toimintaa. Haittaa arvioidaan kunnan maatilojen suhteellisen
määrän (maatiloja/1000 as) ja toisaalta alkutuotannon työpaikkojen suhteelli-
sen osuuden avulla. Elinkeinotekijöiden maksimipaino kokonaisvaikutukses-
ta on niinkään noin 14 %.

Maaseudulla maa- ja metsätalouden kuljetuksilla sekä polttoaineiden ja elin-
tarvikkeiden jakelukuljetuksilla on päivittäisen työssäkäyntiliikenteen ohella
keskeinen merkitys. Liikennemäärät kelirikon alaisilla teillä ovat alhaisia,
keskimäärin vain noin 130 ajon/vrk, mistä raskaan liikenteen määrä on kes-
kimäärin 9 ajon/vrk. Toki on muistettava, että runkokelirikkovaurio estäes-
sään liikkumisen merkitsee huomattavia taloudellisia menetyksiä yritystoi-

minnalle ja tien vaikutuspiirin ruokakunnille. Jo lyhytkin runkokelirikkokohta saattaa katkaista ja eliminoida kokonaisen tieyhteyden käytön.

Raja-arvojen mukaisten painoarvojen avulla pyritään priorisoimaan runkokelirikosta yksittäiselle soratielle aiheutuvaa haittaa vaurioluokan vakavuuden, liikennemäärän, soratien pituuden, elinkeinotoiminnan ja väestön perusteella. Laskemalla yhteen yksittäiselle soratielle määritetyt painoarvot saadaan liikenteen, väestön ja elinkeinotoiminnan haittasumma, jonka maksimiarvo on 29. Jos yksittäiselle soratielle aiheutuvaa haittaa tarkastellaan pelkästään liikenteen näkökulmasta, tarkastelussa jätetään ottamatta huomioon väestöä ja elinkeinotoimintaa kuvaavat tekijät. Tällöin haittasumman maksimiarvo on 21. Haittasummille voidaan asettaa priorisointirajoja (taulukko 29), joilla runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kiireellisyyttä arvioidaan.

Taulukko 29. Esimerkki priorisointiluokkien raja-arvojen asettamisesta yksittäiselle soratielle runkokelirikosta aiheutuvan haitan arvioimiseksi tiestökohtaisessa tarkastelussa.

Priorisointiluokka	Haittasumma	
	Liikenne (max 21)	Liikenne sekä väestö ja elinkeinotoiminta (max 29)
1 (Kiireellinen)	>12	> 15
2 (Tarpeellinen)	9 - 12	11 - 15
3 (Harkittava)	0 - 8	0 - 10

Ensimmäiseen priorisointiluokkaan kuuluvat ne runkokelirikkoiset soratiet, joiden parantamistoimenpiteet ovat kiireellisiä. Toiseen luokkaan kuuluvat runkokelirikkoiset soratiet, joiden parantaminen on tarpeellista, muttei ehdottoman kiireellistä. Kolmanteen luokkaan kuuluvien sorateiden toimenpidetarve tulisi selvittää tarkemmin. Kolmanteen luokkaan kuuluvien tiekohtien parantaminen lähitulevaisuudessa saattaa jäädä soratien vähäisen vaurioitumisen, liikenteellisen roolin ja elinkeinotoiminnalle aiheutuvan haitan vuoksi toteuttamatta.

Edellä esitetyt raja-arvot ovat hyvinkin alustavia, mutta niitä voitaneen kuitenkin käyttää lähtökohtana, jos vastaavanlainen tarkastelu tulee yleiseen käyttöön.

5.43 Esimerkki tiekohtaisesta tarkastelusta

Yksityiskohtaisena esimerkkinä tiekohtaisesta tarkastelusta käytetään Jämsän kuntaa Länsi-Suomen läänistä. Jämsän kunnan pinta-ala on 810 km². Kunnan asukasluku oli 13105 henkeä vuonna 1993. Jämsän kunnan alueella sijaitsee 19 soratietä, joista seitsemällätoista (taulukko 30) esiintyi inventointien perusteella runkokelirikkovaurioita. Kolmella soratiella esiintyneet vauriot luokiteltiin vakaviksi, kuudella liikennettä tuntuvasti haittaaviksi (vaurioluokka 2) ja kahdeksalla soratiella lieviksi vaurioiksi. Keskimääräinen liikennemäärä sorateilla vaihteli välillä 54-588 ajon/vrk. Raskaiden ajoneuvojen liikennemäärä vaihteli myös huomattavasti, KVL_{rask:n} ollessa pienimmillään 4 ajon/vrk ja suurimmillaan 47 ajon/vrk. Jämsän kunnan väestö- ja elin-

keinotoiminnan tunnusluvut, joita käytetään tiestökohtaisessa tarkastelussa ovat; asukastiheys 16.2 as/km², asuinrakennuksien lukumäärä 11.8 rak/km, maatilojen lukumäärä 35.9 kpl/1000 as, ja alkutuotannossa olevien kunnan työpaikkojen osuus 8.6 %.

Taulukko 30. Runkokelirikkoisten sorateiden pituudet ja liikennemäärät Jämsässä.

Tiennumero	Jämsä		
	Soratien pituus [m]	KVL	KVL _{rask}
3291	24282	98	15
14329	3718	86	34
16543	21872	68	11
16543	21872	134	4
16547	10557	119	7
16555	11192	89	10
16556	1497	212	11
16557	4705	183	7
16561	6866	54	11
16565	4694	72	12
16567	8171	136	5
16569	6107	190	6
16571	9846	81	5
16573	14405	61	5
16573	14405	150	12
16573	14405	588	47
16575	9476	79	4
16577	3496	99	6
16581	4259	184	17
16583	20370	98	4
16583	20370	166	12

Jokaiselle Jämsän kunnan alueella sijaitsevalle runkokelirikkoiselle soratielle annetaan edellisessä luvussa esitettyjen raja-arvojen mukaiset paino-kertoimet (taulukko 31). Kun painokertoimet lasketaan yhteen, saadaan runkokelirikosta yksittäiselle soratielle aiheutuvaa haittaa kuvaava haittasumma.

Taulukko 31. Runkokelirikosta yksittäiselle soratielle aiheutuvat haitat tiestökohtaisessa tarkastelussa Jämsän kunnan alueella.

Tarkastelu alue	Haittasumma						
	Vaurio- luokka Max 6	KVL Max 6	KVL _{rask} Max 6	Soratien pituus Max 3	Väestö ja asuminen Max 4	Elinkeino- toiminta Max 4	Haitta- summa Max 21/ 29
3291	4	3	4	3	2	0	14 (16)
14329	1	3	5	0	2	0	9 (11)
16543	4	3	3	3	2	0	13 (15)
16547	6	3	2	2	2	0	13 (15)
16555	1	3	3	2	2	0	9 (11)
16556	1	4	3	0	2	0	7 (9)
16557	1	4	2	1	2	0	8 (10)
16561	6	2	3	1	2	0	12 (14)
16565	1	2	3	1	2	0	6 (8)
16567	6	3	2	1	2	0	12 (14)
16569	4	4	2	1	2	0	11 (13)
16571	4	3	2	1	2	0	10 (12)
16573	1	6	6	2	2	0	15 (17)
16575	4	2	2	1	2	0	9 (11)
16577	1	3	2	0	2	0	6 (8)
16581	1	4	4	1	2	0	10 (12)
16583	4	4	3	3	2	0	14 (16)

Soratiet, joiden pelkkä liikenteellinen haittasumma ylittää ensimmäiselle priorisointiluokalle asetetun raja-arvon, on tummennettu. Suluissa olevissa haittasummissa on mukana myös väestö- ja elinkeinotoiminnan vaikutus ja niistä on puolestaan alleviivattu arvot, jotka ylittävät ensimmäiselle priorisointiluokalle asetetun rajan.

Tiekohtaisen tarkastelun perusteella Jämsän kunnassa on viisi (30 %) kiireellisimpään priorisointiluokkaan 1 (haittasumma >12) kuuluvaa soratietä. Jos haittasumman määrittämisessä otetaan huomioon väestö- ja elinkeinotoiminnan tunnusluvut, kiireellisimpään luokkaan (haittasumma >15) kuuluvien sorateiden lukumäärä on enää kolme.

Kaikkien kuuden tarkastelukunnan osalta yhteensä (liite 8) kiireellisimpään priorisointiluokkaan kuului 9 soratietä kummallakin haittasumman määrittämistavalla. Tulosten perusteella ei pidä kuitenkaan vetää sitä johtopäätöstä, että molemmat menetelmät antaisivat useimmiten saman lopputuloksen, sillä väestön ja elinkeinotoiminnan vaikutus vaihtelee kuntakohtaisesti. Prosentuaalisesti ilmaistuna tarkastelluista kuuden kunnan alueilla olevista runkokelirikkovaurioista sorateista 12 % kuului kiireellisimpään priorisointiluokkaan, yli 50 % tarpeellisten, muttei ehdottoman kiireellisten toimenpiteiden luokkaan ja noin kolmanneksella sorateista parantamista tulisi erikseen harkita.

Tiekohtaisessa tarkastelussa soratien merkitys korostuu sekä sen liikenteellisten käyttömäärien että liikkumisen välttämättömyyden kautta. Ensimmäisessä olisi kaikissa tilanteissa kuitenkin turvattava hälytysajoneuvojen, eläinkuljetusten ja maitoautojen esteetön kulku ja lisäksi olisi suunniteltava mahdolliset kelirikkoajan varareitit kyseisille toiminnoille. Eläin- ja maitokuljetusten tarkkaa kohdentamista ja vaikutuksia eri tieosille ei käytetyillä aineistoilla ollut mahdollista selvittää. Toisaalta ei ole selvitetty myöskään runkokelirikosta hälytysajoneuvoille aiheutuvia haittoja, joita toki pitäisi selvittää esimerkiksi haastattelututkimuksin.

Merkittävää on, että tiekohtaiseen tarkasteluun tuli mukaan vaurioituneita soratiekohtia kaikista vaurioluokista. Useilla sorateilla väestö ja elinkeinotoiminta nosti prioriteettia, mikä toisaalta heijastaa lähestymistavan käyttökelpoisuutta. Esitetyn kaltaiseen tarkasteluun on lähdetty, jotta voitaisiin testata ja seuloa karkeasti eri tyyppisiä, pituisia ja erilaisilla alueilla sijaitsevia kohteita keskenään. Varsinaiseen seulontamalliin tai menetelmän kehittämiseen ei työssä varsinaisesti ole pyritty.

Jämsän kunnan alueella tielaitoksen menetelmällä määritetyt runkokelirikkoisten sorateiden haittaindeksit ja tässä tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä määritetyt haittasummat sopivat kohtuullisen hyvin yhteen (liite 9). Poikkeamat näyttäisivät olevan mahdollisia varsinkin silloin, kun soratiellä on vakavaksi luokiteltuja vaurioita. Myös tielaitoksen menetelmään kannattaisi sisällyttää runkokelirikkovaurioiden vaikeus.

6 RUNKOKELIRIKKOVAURIOIDEN KORJAAMINEN

6.1 Lähtökohdat

Sorateiden runkokelirikkovauriot ja niistä aiheutuvat painorajoitukset aiheuttavat vuosittain huomattavia kustannuksia sekä tienpitäjälle että -käyttäjille (kohta 5). Korjausrakentamisella voidaan vaikuttaa tieliikennekustannuksiin merkittävästi. Sopivilla korjaustoimenpiteillä pystytään parantamaan tien laatua kevätolosuhteissa siinä määrin, että ajokustannukset alenevat ja kunnossapitokustannukset vähenevät selvästi.

Tehdyn tutkimuksen /28/ perusteella tiemestarit kokevat pahimmiksi ongelmiksi heikon kevätkantavuuden ja tien reunojen leviämisen. Heikkoon kevätkantavuuteen liittyy usein hienoa-aineksen pumppautuminen tien pinnan läpi (savisilmäkkeet). Tien reunojen leviäminen aiheuttaa puolestaan sivuojen tukkeutumista, mikä edelleen pahentaa kelirikkoa.

Runkokelirikko-ongelmat keskittyvät pääosin rakentamattomille sorateille, missä rakennekerrosten paksuusvaihtelut ovat sekä poikki- että pituussuunnassa suuria. Tien reunoilla rakennekerrokset ovat poikkeuksetta liian ohuita. Pahimmille kelirikkopaikoille on vaurioiden korjaamisen seurauksena vähitellen syntynyt murskepusseja, missä mursketta on huomattavasti ympäröivää tieosaa enemmän. Paikoitellen mursketta saattaa olla lähes metrin kerros, kun muutaman metrin päässä rakennepaksuus on vain 10-20 cm, mikä yhdessä pohjasuhteiden vaihtelun kanssa aiheuttaa routakäyttäytymisessä suuria vaihteluita.

Yleensä ongelmakohdat sijaitsevat joko 0-tasauksessa tai leikkauksessa, missä pohjavesi on lähellä tien pintaa ja pohjamaa savea, silttiä, moreenia tai hienoa hiekkaa. Ongelmakohdissa rakennekerrokset ovat yleensä sekoittuneet pohjamaahan, jolloin rakennemateriaalien laatu on heikentynyt. Liian ohuet rakennekerrokset, kuivatuksen puutteet ja jyrkät luiskat ovat myös pahentaneet kelirikkoa.

Perinteinen runkokelirikkovaurioiden korjaustapa, murskeen lisäys, on pelkästään lyhyen ajan vaikutuksia tarkasteltaessa käyttökelpoinen ratkaisu varsinkin, jos murskeen kuljetusmatkat ovat lyhyet. Murskekerrosta kasvatamalla kelirikko-ongelmat voidaan poistaa, mutta murskeen asteittainen sekoittuminen pohjamaahan aiheuttaa useissa tapauksissa saavutetun hyödyn vähittäisen pienenemisen eli pelkällä murskeen lisäyksellä voidaan yleensä poistaa runkokelirikko-ongelmat ainoastaan tilapäisesti. Toimenpiteen hyvänä puolena on toteuttamisen yksinkertaisuus /28/.

Viime aikojen yleisimmässä runkokelirikkovaurioiden korjaustoimenpiteessä muotoillun vanhan tierakenteen päälle laitetaan suodatinkangas sekä uusi murske- ja kulutuskerros. Suodatinkangas estää murskeen sekoittumisen alustaansa, minkä seurauksena korjaustoimenpiteen kestoikä on selvästi parempi kuin ilman suodatinkangasta. Käytetty korjaustoimenpide estää myös silmäkkeiden syntymisen. Pohjois-Suomessa on käytetty myös jonkin verran matalaa massanvaihtoa pahimpien kelirikkovauriokohtien korjaustoimenpiteenä.

Edellä mainittujen lisäksi muunkin tyyppisiä korjaustoimenpiteitä on lähinnä kokeiltu runkokelirikkokohtien korjaamisessa. Näistä mainittakoon mm. seuraavat:

- vahvisteet (geovahvisteet, teräsverkko)
- stabiloinnit (erilaisia sideaineita ja niiden yhdistelmiä)
- tuhka-, palaturve- ja kipsirakenteet
- sorasalojarakenne (sivukalteva maasto)

Vahviste-, stabilointi- ja tuhkarakenteita voitaneen kustannussyistä pitää erikoisrakenteina, jotka tulevat kyseeseen lähinnä poikkeustapauksissa esim. jos mursketta ei ole saatavissa kohtuulliselta etäisyydeltä.

6.2 Toimenpidevaihtoehdot

6.21 Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen mukaiset korjaustavat

Lähtökohtana on, että korjaustoimenpiteillä runkokelirikon alainen tien kohta saatetaan muuhun tiehen nähden samanarvoiseen asemaan pysyvästi. Keli-rikon aikainen murskeen lisäys parantaa tien liikennöitävyyttä vain tilapäisesti, mistä syystä sitä ei luokitella tässä yhteydessä korjaustoimenpiteeksi. Korjaustoimenpiteillä ei myöskään pyritä estämään sorateille ominaista pintakelirikkoa. Runkokelirikkovaurioiden korjaustavat korjaustoimenpiteiden rankkuusjärjestyksessä ovat seuraavat /24/:

Korjaustapa A (raskas toimenpide)

Korjaustavassa A vanhaa tien rakennetta ei voida juurikaan hyödyntää. Jos tasausviivan merkittävä nosto ei ole mahdollista ympäristöllisistä olosuhteista johtuen, (matala) massanvaihto routimattomalla materiaalilla on lähinnä kyseeseen tuleva korjaustoimenpide. Lisäksi tarvitaan rakenteen yläosassa murskatusta materiaalista tehty kantava kerros ja tavanomainen kulutuskerros.

Jos tasausviivaa voidaan nostaa, korjaus voidaan tehdä paksulla murskatulla kantavan kerroksen materiaalilla. Tällöin sijoitetaan suodatinkangas muotoillun vanhan rakenteen päälle erottamaan kantava kerros vanhasta rakenteesta, jotta ei tapahtuisi sekoittumista. Kantavan kerroksen päälle tulee tavanomainen kulutuskerros.

Korjaustapa A sisältää myös korjaustavan C.

Korjaustapa B (keskiraskas toimenpide)

Korjaustavassa B runkokelirikkovaurion korjaus tehdään 200 - 300 mm paksulla murskatulla kantavan kerroksen materiaalilla, mikä erotetaan muotoillusta vanhasta rakenteesta suodatinkankaalla tai joissakin tapauksessa hiekkakerroksella. Myös tässä tapauksessa kantavan kerroksen päälle tulee tavanomainen kulutuskerros. Korjaustapa B on samanlainen kuin korjaus-

tapa A:n jälkimmäinen korjaustoimenpide kantavan kerroksen paksuutta lu-
kuunottamatta. Myös korjaustapa B sisältää korjaustavan C.

Korjaustapa C (kevyt toimenpide)

Korjaustavassa C runkokelirikkovaurioiden korjaus tehdään kuivatusta te-
hostamalla ja tarvittaessa luiskia loiventamalla.

Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeessa ei esitetä suoraan, missä ta-
pauksissa mitään korjaustapaa käytetään, vaan jätetään tiepiireille vapaus
valita kulloinkin kyseeseen parhaiten soveltuva korjaustoimenpide. Korjaus-
tapojen luokituksen luonteesta johtuen korjaustavat ovat kuitenkin tietyssä
suhteessa runkokelirikon vaurioluokitukseen.

Tiepiireille tehtiin kysely, missä pyydettiin mm. tietoja käytetyistä runkokeli-
rikkovaurioiden korjaustoimenpiteistä ja niiden käyttökokemuksista. Käytetyt
korjaustoimenpiteet pohjautuivat lähes yksinomaan edellä esitettyihin Sora-
teiden runkokelirikon inventointiohjeen mukaisiin rakenneratkaisuihin. Pel-
kistettynä saadut vastaukset olivat seuraavat:

Hämeen tiepiirissä (Raija Kreutzer) on pääsääntöisesti käytetty keskiras-
kasta toimenpidettä (korjaustapa B) lisätyn kantavan kerroksen murskepak-
suuden ollessa 300 - 400 mm. Keväällä 1998 syntyi uusia runkokelirikko-
kohteita runsaasti.

Kaakkois-Suomen tiepiirissä (Jyrki Karhula) on käytetty keskiraskasta ja
kevyttä toimenpidettä (korjaustavat B ja C). Keskiraskaassa toimenpiteessä
lisätyn kantavan kerroksen murskeen paksuus on ollut 200 - 300 mm. Tar-
vittaessa kuivatusta on korjattu (ojitus, rummut). Kevyessä toimenpiteessä
kuivatus on saatettu kuntoon.

Keski-Suomen tiepiirissä (Risto Huvila) on käytetty keskiraskasta ja ke-
vyttä toimenpidettä (korjaustavat B ja C). Keskiraskaassa toimenpiteessä li-
sätyn kantavan kerroksen murskeen paksuus on ollut 250 mm. Pohjan
muotoilun yhteydessä on poistettu maakivet. Kuivatusta on myös korjattu.
Kevyessä toimenpiteessä (korjaustapa C) muotoillun pohjan päälle on lisätty
ohut kantava kerros ja kulutuskerros sekä kuivatus saatettu kuntoon. Koke-
musten perusteella käytetyt korjaustoimenpiteet ovat riittäviä, jos jatkossa
huolehditaan kuivatuksen toimivuudesta. Sen sijaan uusia korjauksia vaati-
via kelirikkokohteita saattaa syntyä myöhemmin.

Lapin tiepiirissä (Matti Oinas) on käytetty runkokelirikkovaurioiden kor-
jaustoimenpiteinä korjaustapoja A (massanvaihto), B ja C (kuivatus). Käyttö-
kokemukset saadaan vasta myöhemmin, koska korjaustoimenpiteet on tehty
syyskesällä 1998.

Oulun tiepiirissä (Hannu Tolonen) on myös käytetty kaikkia kolmea korja-
ustapaa. Kaikkein vaikeimmissa kohteissa on tehty kevyt massanvaihto 1.2
m syvyydeltä. Kuivatukseen liittyen reunasortumat on korjattu, tien ylläveys
poistettu ja poikkikaltevuudet saatettu oikeaan kaltevuuteen.

Savo-Karjalan tiepiirissä (Pasi Patrikainen) on käytetty keskiraskasta ja
kevyttä toimenpidettä (korjaustavat B ja C). Keskiraskaassa toimenpiteessä

lisätyn kantavan kerroksen murskeen paksuus on ollut 250 mm. Erittäin huonosti kantavilla paikoilla on käytetty myös geovahvisteita.

Turun tiepiirissä (Tauno Mäkiö) on käytetty keskiraskasta ja kevyttä toimenpidettä (korjaustavat B ja C). Korjaustoimenpiteet ovat olleet Runkokelirikon inventointiohjeen mukaiset.

Tiepiirit ovat pääasiassa käyttäneet runkokelirikkovaurioiden korjaamiseen keskiraskasta ja kevyttä toimenpidettä. Hämeen tiepiirissä on käytetty yleisesti varsin suurta murskekerroksen paksuutta verrattuna muihin tiepiireihin, mistä syystä käytettyä toimenpidettä voidaan pitää jo osittain raskaana toimenpiteenä. Ainoastaan Oulun ja Lapin tiepiireissä on käytetty matalaa masanvaihtoa pahimpien runkokelirikkovaurioiden korjaamisessa.

Runkokelirikon inventointiohjeen mukaisia korjaustapoja on pääosin käytetty aivan viime vuosina, mistä syystä ei voida yksiselitteisesti osoittaa, kuinka kauan käytetyt korjaustoimenpiteet toimivat. Yleisenä käsityksenä voidaan pitää sitä, että käytetyt korjaustoimenpiteet ovat riittäviä, jos jatkossa huolehditaan kuivatuksen toimivuudesta. Tämän lisäksi tarvitaan luonnollisesti mm. tavanomaisia poikkileikkauksen kunnostukseen liittyviä toimenpiteitä ja kulutuskerrosmateriaalin lisäystä.

6.22 Muut korjaustavat

Erilaisia runkokelirikkovaurioiden korjaustapoja on kokeiltu mm. Soratieprojektissa, Mt 3424:llä välillä Yläkangas - Jokiranta ja parhaillaan käynnissä olevassa VIATEK/ SGT Oy:n vetämässä Sivutuoteprojektissa, missä myös teollisuus on voimakkaasti mukana.

Soratieprojektissa /28/ on kokeiltu ja vertailtu mm. seuraavia korjaustoimenpiteitä:

- murskekerroksen lisäys (perinteinen)
- suodatinkangas + murskekerros + kulutuskerros (ref. menetelmä)
- geovahvisteet + murskekerros + kulutuskerros
- stabiloinnit + murskekerros + kulutuskerros
- tuhkat + murskekerros + kulutuskerros
- kuivatusratkaisut

Murskekerroksen lisäyksellä saadaan runkokelirikkovaurio hetkellisesti poistettua. Murskeen vähitellen tapahtuva sekoittuminen alustaansa aiheuttaa useimmiten saavutetun hyödyn vähittäisen pienenemisen. Murskekerroksen paksuutta kasvattamalla kestoikä jonkin verran pitenee ohueen kerrokseen verrattuna. Ratkaisun hyvinä puolina ovat toteuttamisen yksinkertaisuus ja suhteellisen pienet kustannukset.

Suodatinkankaan käyttö uuden murskekerroksen alla estää materiaalin sekoittumisen alustaansa, mistä syystä rakenteen kestoikä kasvaa pelkkään murskekerroksen lisäykseen verrattuna. Ratkaisun hyvinä puolina ovat toteuttamisen yksinkertaisuus ja ainoastaan hieman suuremmat kustannukset kuin pelkällä murskekerroksen lisäyksellä.

Yleisimmin tierakenteissa käytetyt geovahvisteet ovat joko erilaisia kankaita tai verkkoja, joiden ominaisuudet riippuvat sekä raaka-aineesta että valmistustavasta. Geovahvisteiden käytön idea on siinä, että vahviste pystyy ottamaan vastaan rakenteessa syntyviä jännityksiä, tasoittaa niitä ja siirtää niitä laajemmalle alalle. Kankaat toimivat sekä lujitteena että erottimena estäen materiaalien sekoittumisen. Verkot toimivat yksinomaan lujitteena, mistä syystä ne soveltuvat parhaiten sinne, missä ei ole materiaalien sekoittumisriskiä. Vertailun vuoksi mainittakoon, että suodatinkankaan tehtävä on pelkästään erottaa kerrokset toisistaan.

Geovahvisteet sijoitetaan muotoillun vanhan rakenteen päälle. Vahvisteiden päälle tulee noin 150 - 200 mm paksu murskekerros ja uusi kulutuskerros. Lujitevaikutuksesta johtuen tarvittava murskekerroksen paksuus on periaatteessa pienempi kuin käytettäessä suodatinkangasta. Geovahvisteita voidaan käyttää myös pelkästään tien reunojen tukemiseen.

Geovahvisterakenteet ovat nopeita ja yksinkertaisia toteuttaa. Geovahvisteiden hinnat vaihtelevat suuresti riippuen niiden valmistustavoista ja ominaisuuksista, mistä syystä myös geovahvisterakenteiden hinnat saattavat vaihdella merkittävästi. Käytännön tilanteissa geovahvisteiden valinnassa kannattaa käyttää apuna uutta Synteettiset geovahvisteet -julkaisua /23/.

Stabiloinneissa voidaan käyttää perinteisiä sideaineita kuten sementtiä, kalkkia ja bitumia. Soratieprojektissa on käytetty stabiloinneissa seuraavia sideainevaihtoehtoja: bitumi, sementti, sementti+kipsi, Finnstabi+CaO, Lohjamix ja MaHk. Stabiloinneissa tarvittava sideaineen määrä on selvittävää tapauskohtaisesti laboratoriotutkimuksilla. Stabilointityö on tehtävä tarkoitusta varten rakennetulla stabilointikalustolla.

Stabiloinnit mahdollistavat vanhan tierakennemateriaalin uudelleen käytön. Stabilointipaksuudet ovat tyypillisesti 150 - 200 mm. Stabiloinnin päälle tulee ainoastaan ohut murskekerros (50 mm) ja uusi kulutuskerros. Koska tehdyt stabiloinnit olivat lyhyitä koeosuuksia ja osalla käytetyistä sideaineista ei ole vielä kaupallista hintaa, tarkkojen kustannusten esittäminen ei ole mahdollista. Jos tarvitaan tasausviivan nostoa kuten esim. notkopaikoissa, stabiloinnin edullisuus vähenee kuitenkin merkittävästi. Lisäksi on otettava huomioon, että ohut stabiloitu kerros ei juurikaan vähennä routanousuja.

Voimalaitoksilla kivihiiltä, turvetta, puuta tai näiden yhdistelmiä poltettaessa syntyvää lentotuhkaa voidaan käyttää myös kelirikkovauriokohtien korjaamiseen. Tuhka tiivistyy hyvin ja muodostaa lujan laattamaisen rakenteen, mikä parantaa tien kantavuutta ja toimii samalla lämpöeristeenä. Tuhkalaaduissa on isoja eroja johtuen erilaisista raaka-aineista ja polttotekniikoista. Jokaisen voimalaitoksen tuhkan tierakennus- ja ympäristötekniset ominaisuudet on tutkittava ennen niiden käyttöä. Tuhkan ominaisuuksia voidaan parantaa sideaineiden avulla.

Tuhkarakenteissa muotoillun vanhan rakenteen (+ tarvittaessa suodatinkangas) päälle tulee noin 200 mm tuhkaa. Tuhkakerroksen päälle tulee 50 - 100 mm murskekerros ja uusi kulutuskerros. Tuhkarakenteen edellyttämät materiaalmäärät ovat huomattavan suuria, mistä syystä rakenteen kustannukset kasvavat jyrkästi kuljetusmatkan kasvaessa. Ainoastaan voimalaitosten lähietäisyydellä tuhkarakenne on potentiaalinen vaihtoehto.

Runkokelirikkovaurioiden korjaaminen yksinomaan kuivatusratkaisuilla ei ole helppo tehtävä Suomen olosuhteissa, missä pohjavesi on lähellä maan pintaa ja pohjasuhteet vaihtelevat pienipiirteisesti. Sivukaltevassa maastossa veden virtauksen katkaisu sorasalaojalla saattaa olla käyttökelpoinen ratkaisu. Sorasalaojarakenteessa suodatinkankaalla erotetaan ylärinteen puolelle rakennettu soralla täytetty oja muusta rakenteesta. Rakenteen toiminnan perusedellytyksiä ovat, että sorasalaojassa on riittävä pituuskaltevuus ja kerääntynyt vesi pääsee purkautumaan tietyn välein salaojasta (purkuputki).

Lyhytaikaisen seurannan perusteella edellä mainitut ratkaisut ovat toimineet hyvin. Referenssimenetelmään verrattuna muiden toimenpiteiden rakentamiskustannukset ovat yleensä korkeammat. Jos otetaan huomioon rakenteiden todennäköinen kestoikä ja kunnossapitokustannukset, edellä mainitut toimenpiteet ovat potentiaalisia vaihtoehtoja varsinkin, jos murskeen kuljetettäisyys on pitkä, koska tarvittavat murskemäärät ovat pienempiä kuin referenssi menetelmässä.

Mt 3424:llä välillä Yläkangas - Jokiranta rakenteen parantamisessa kokeiltiin mm. bitumiemulsiostabilointia ja Finstabi-stabilointia kelirikkoisen soratien kunnostamisessa vuonna 1997 /16/. Bitumiemulsiostabiloinnissa sideaineena oli BIE-K0. Sideainepitoisuudeksi valittiin laboratoriokokeiden perusteella 2.8 % (jäävä bitumipitoisuus). Ennen stabilointia vanhan kulutuskerroksen päälle lisättiin KaM 0-35 100 mm. Stabilointipaksuutena käytettiin 150 ja 200 mm. Stabiloinnin päälle tuli 100 mm paksu murskekerros (KaM 0-35) ja uusi kulutuskerros.

Finstabi on teollisuuden sivutuote, mikä yhdessä muiden side- tai lisäaineiden kanssa toimii stabiloinnissa sideaineena. Mt 3432:lla kokeiltiin kahta erilaista Finstabi-stabilointia. Laboratoriokokeiden perusteella FT2 (kuiva Finstabi + kalkki suhteessa 1:1) -stabiloinnissa sideainepitoisuutena käytettiin 7 % ja FTK (kuiva Finstabi + kalkki + kuonajauhe suhteessa 1:1:1) -stabiloinnissa sideainepitoisuutena käytettiin 5 %. FT2 -stabiloinnissa vanhaa rakennetta stabiloitiin 300 mm ja FTK -stabiloinnissa 200 mm. Molempien stabilointien päälle tuli 100 mm paksu kulutuskerros.

Vuoden 1998 kevään ja kesän seurantatutkimuksissa ei havaittu minkäänlaisia ongelmia stabiloitujen rakenteiden toimivuudessa. Sekä tienpitäjä että tienkäyttäjät olivat tyytyväisiä saatuun lopputulokseen /17/.

Sivutuoteprojektissa kokeillaan mm. seuraavan tyyppisiä rakenteita sorateiden runkokelirikkovaurioiden korjaamisessa:

- tuhkarakenne (useiden eri laitosten lentotuhkia)
- kuitu-tuhkarakenne (kuitu + lentotuhka)
- kipsirakenne (kipsi + tuhka)
- stabilointi (lukuisia eri sideaineita ja niiden yhdistelmiä)
- vahvisterakenne (geovahvisteet, teräsverkko)
- pystysalaoja

Osa rakenteista on toteutettu vuonna 1998 ja osa toteutetaan vuonna 1999, mistä syystä rakenteiden toimivuudesta ei ole vielä käyttökokemuksia.

6.3 Runkokelirikkovaurioiden korjauskustannukset

6.31 Laskelmissa käytetyt korjaustoimenpiteet ja -kustannukset

Tyypillisiksi runkokelirikkovaurioiden korjaustoimenpiteiksi valitaan yleisesti käytetyt Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen /24/ mukaiset korjaustavat, koska muita korjaustoimenpiteitä on käytetty lähinnä vain tutkimuksiin liittyvissä kenttäkokeissa. Lisäksi osa kenttäkokeista on vasta käynnistetty, mistä syystä seurantatieto on tältä osin puutteellista. Koeluonteisuudesta johtuen muiden korjaustoimenpiteiden kustannuksista ei ole myöskään saatavissa tarkkoja lukuja. Yleisesti voitaneen todeta, että muut korjaustoimenpiteet saattavat olla potentiaalisia menetelmiä varsinkin silloin, kun murskeen kuljetusetäisyys on pitkä.

Laskelmissa käytettyjen toimenpiteiden kokonaiskustannukset edustavat karkeasti keskimääräisiä eri tiepiireissä toteutuneita kustannuksia, mitkä saatiin tiepiireille osoitetun kyselyn perusteella. Tiepiirikohtaisesti kustannukset vaihtelevat varsin paljon, mikä johtuu lähinnä sekä murskekerroksen paksuudesta että kuljetusmatkoista. Esitetyt yksikköhinnat pohjautuvat lähinnä Savo-Karjalan tiepiirissä vuonna 1998 toteutuneisiin kustannuksiin. Soratien leveydeksi on oletettu 6.5 m ja sisäluiskan kaltevuudeksi 1:3.

Vaurioluokka 1, korjaustapa A (raskas toimenpide)

Kuivatuksen tehostaminen (ojitus, rummut, tien kaventaminen)	30 mk/jm
Suodatinkangas (+ alustan muotoilu ja kivien poisto)	40 mk/jm
Kantava kerros (0-35...0-45 mm) 400 mm	250 mk/jm
Kulutuserros (0-16 mm) 50 mm	40 mk/jm
Yhteensä	360 mk/jm

Esitettyä 400 mm paksuista kantavaa kerrosta ei ole juurikaan käytetty, vaan yleensä on katsottu, että 200-300 mm on riittävä paksuus lukuunottamatta Hämeen tiepiiriä, missä on käytetty 300-400 mm paksua murskekerrosta. Tämä johtunee ainakin osittain siitä, että tiepiireittäin tarkasteltuna vaurioluokan 1 vaurioiden kokonaispituus on pieni tai niitä ei ole lainkaan tiettyinä vuosina. Savo-Karjalan tiepiirissä kantavassa kerroksessa on käytetty 0-50 mm materiaalia, minkä pinta on kiilattu 0-35 mm murskeella.

Vaihtoehtoisena korjaustoimenpiteenä paksulle kantavalle kerrokselle olisi matala massanvaihto, minkä kokonaiskustannukset olisivat luokkaa 500-600 mk/jm. Matala massanvaihto tullee kyseeseen lähinnä silloin, kun soratiellä on poikkeuksellisen vaikeat olosuhteet ja/tai tasausviivaa ei voida juurikaan nostaa. Jos oletetaan, että matalaa massanvaihtoa käytetään 20 %:lla vaurioluokka 1 kokonaisvauriopituudesta ja vastaavasti paksua kantavaa kerrosta 80 %:lla kokonaisvauriopituudesta, raskaan toimenpiteen keskimääräiseksi kustannuksiksi tulee 400 mk/jm.

Vaurioluokka 2, korjaustapa B (keskiraskas toimenpide)

Kuivatuksen tehostaminen (ojitus, rummut, tien kaventaminen)	20 mk/jm
Suodatinkangas (+ alustan muotoilu ja kivien poisto)	35 mk/jm
Kantava kerros (0-35...0-45 mm) 250 mm	150 mk/jm
<u>Kulutuskerros (0-16 mm) 50 mm</u>	<u>40 mk/jm</u>
Yhteensä	245 mk/jm

Keskiraskaassa toimenpiteessä kuivatuksen tehostamisen ja suodatinkankaan kustannukset on arvioitu hieman pienemmiksi kuin raskaassa toimenpiteessä. Tämä perustuu siihen olettamukseen, että olosuhteet ovat vaurioluokassa 2 hieman helpommat kuin vaurioluokassa 1.

Vaurioluokka 3, korjaustapa C (kevyt toimenpide)

Kuivatuksen tehostaminen (ojitus, rummut, tien kaventaminen)	20 mk/jm
Kantava kerros (0-35 mm) ~100 mm (paikoitellen)	45 mk/jm
<u>Kulutuskerros (0-16 mm) 50 mm (lähes joka paikkaan)</u>	<u>35 mk/jm</u>
Yhteensä	100 mk/jm

Korjaustapaan C on tässä yhteydessä katsottu kuuluvan myös murskeen lisäystä tai jotain muuta pienehköä toimenpidettä, vaikka osa tiepiireistä katsoo varsinkin murskeen lisäyksen kuuluvan tavanomaiseen kunnossapitoon. Tämä perustuu siihen käsitykseen, että vaurioluokkaan 3 kuuluva runkokelirikkovaurio edellyttää myös rakenteellisia toimenpiteitä kuivatuksen tehostamisen lisäksi. Joissakin tapauksissa saattaa tulla kyseeseen myös erittäin paksun kulutuskerroksen ohentaminen.

Edellä esitettyjen toimenpiteiden kustannukset ovat kertakustannuksia, missä ei ole otettu huomioon mahdollisia myöhempiä lähinnä kunnossapitoon liittyviä kustannuksia. Käytännössä korjattavat runkokelirikkovauriokohdat vaativat vähintäänkin saman laajuista kunnossapitoa kuin muu soratieverkko. Erityisesti kuivatuksen toimivuus on varmistettava jatkossakin.

6.32 Toimenpiteiden kokonaismäärät ja -kustannukset

Kuten jo kohdassa 4.4 todettiin vakavien runkokelirikkovaurioiden potentiaalinen kokonaispituus on lähes 100 km, mistä 80 % sijaitsee Vaasan tiepiirissä (taulukko 32). Liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden potentiaalinen pituus on vajaat 600 km, mistä 30 % sijaitsee Vaasan tiepiirissä. Hämeen ja Savo-Karjalan tiepiireissä esiintyy myös paljon vaurioluokka 2 vaurioita. Lievien vaurioiden potentiaalinen pituus on 1700 km, mistä 30 % sijaitsee Hämeen tiepiirissä. Myös Keski-Suomen, Oulun, Savo-Karjalan ja Vaasan tiepiireissä on paljon vaurioluokkaan 3 kuuluvia vaurioita. Runkokelirikkovaurioiden potentiaalinen kokonaispituus on yhteensä runsaat 2300 km. Inventointitietojen puuttumisen takia Uudenmaan tiepiirin runkokelirikkovaurioiden määrät on arvioitu Turun tiepiirin tietojen perusteella.

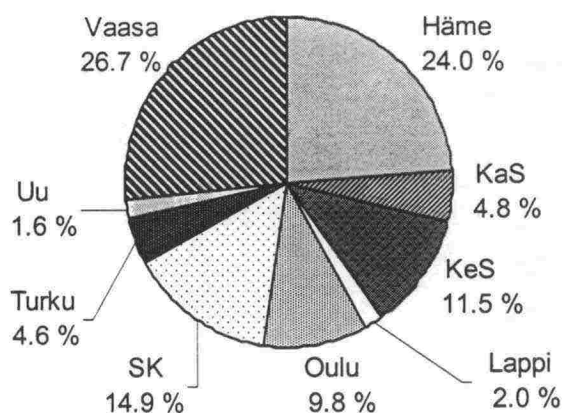
Taulukko 32. Potentiaaliset runkokelirikkovaurioiden määrät ja korjauskustannukset tiepiireittäin.

Tiepiiri	Vaurioluokka 1		Vaurioluokka 2		Vaurioluokka 3		Yhteensä	
	[km]	[Mmk]	[km]	[Mmk]	[km]	[Mmk]	[km]	[Mmk]
Häme	5.0	2.0	134.4	32.9	501.6	50.2	640.9	85.1
Kaakkois-Suomi	1.4	0.6	52.7	12.9	35.3	3.5	89.4	17.0
Keski-Suomi	2.5	1.0	62.9	15.4	243.6	24.4	309.1	40.8
Lappi	0.3	0.1	5.6	1.4	55.5	5.6	61.4	7.1
Oulu	0.2	0.1	21.1	5.2	293.7	29.4	315.0	34.7
Savo-Karjala	2.8	1.1	92.1	22.6	291.4	29.1	386.3	52.8
Turku	4.1	1.7	28.3	6.9	77.3	7.7	109.8	16.3
Uusimaa*	1.4	0.6	9.8	2.4	26.8	2.7	38.1	5.7
Vaasa	81.1	32.4	175.7	43.0	190.0	19.0	446.7	94.4
Yhteensä	98.9	39.6	582.6	142.7	1715.2	171.5	2369.9	353.8

* oletettu, että runkokelirikkovaurioita on suhteellisesti yhtä paljon kuin Turun tiepiirissä

Korjauskustannukset on laskettu kohdan 6.3.1 tyyppirakenteiden kustannuksia apuna käyttäen. Vakavien runkokelirikkovaurioiden korjauskustannukset ovat yhteensä vajaat 40 Mmk, liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden runsaat 140 Mmk ja lievien vaurioiden runsaat 170 Mmk. Jos kaikki runkokelirikkovauriot korjattaisiin, kokonaiskustannukset olisivat yhteensä runsaat 350 Mmk.

Tiepiireittäin tarkasteltuna runkokelirikkovaurioiden korjauskustannukset ovat suurimmat eli noin 95 Mmk Vaasan tiepiirissä. Korjauskustannukset ovat lähes yhtä suuret Hämeen tiepiirissä. Prosentuaalisesti edellä mainittujen kahden tiepiirin korjauskustannukset kattavat puolet koko maan korjauskustannuksista (kuva 23). Savo-Karjalan tiepiirissä korjauskustannukset ovat vajaa kuudesosa, Keski-Suomen tiepiirissä runsaat 10 % ja Oulun tiepiirissä 10 % koko maan korjauskustannuksista. Kaakkois-Suomen ja Turun tiepiireissä korjauskustannukset ovat puolestaan 5 % koko maan korjauskustannuksista. Lapin ja Uudenmaan korjauskustannukset ovat ainoastaan luokkaa 2 % koko maan korjauskustannuksista.



Kuva 23. Runkokelirikkovaurioiden korjauskustannusten jakaantuminen tiepiireittäin.

6.4 Runkokelirikkovaurioiden korjaustoiminnan priorisointi

6.41 Priorisoinnin tavoitteet ja yleisperiaatteet

Runkokelirikkovaurioiden korjaustoiminnan tärkeysjärjestystä voidaan tarkastella sekä koko maan että tiepiirien kannalta. Koko maan kannalta tarkasteltaessa tulisi pystyä määrittämään alueellinen (tiepiirikohtainen) runkokelirikkovaurioiden korjaustarve sekä korjaamisen tärkeysjärjestys, kustannukset ja hyödyt, jotta pystyttäisiin arvioimaan valtakunnan ja alueellisia rahoitustarpeita ja niiden vuosittaisia jaksotuksia. Tiepiirien kannalta tarkasteltaessa tulisi pystyä puolestaan määrittämään tiekohtainen runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kiireellisyysjärjestys. Periaatteessa tarvittaisiin vielä kolmas vaihe, missä tarkasteltaisiin tietyn tien runkokelirikkovaurioiden korjaamista yksityiskohtaisesti. Tätä hanketasoon kuuluvaa vaihetta ei tarkastella tämän projektin yhteydessä.

Alueellisessa priorisoinnissa parantamistarve ja -kustannukset pohjautuvat tehtyihin runkokelirikkovaurioiden inventointeihin ja niistä määritettyihin potentiaalsiin runkokelirikkovaurioiden määriin ja korjauskustannuksiin (kohdat 4.4 ja 6.3). Korjaamisen tärkeysjärjestyksen ja hyötyjen arvioinnissa käytetään apuna kohdan 5.2 mukaista kelirikon alueellisten haittojen tarkastelua (tiepiirikohtaiset haittaindeksit).

Tiekohtaisessa priorisoinnissa esitetään ainoastaan yleisiä periaatteita, joita voisi soveltaa, eikä niinkään yksityiskohtaisia menettelyjä. Tämä johtuu siitä, että kukin tiepiiri on erilainen ja paras tieto tiepiirin soratiestön olosuhteista ja merkityksestä on kussakin tiepiirissä.

6.42 Alueellinen priorisointi

Runkokelirikkovaurioiden alueellisessa korjaustoiminnan priorisoinnissa lähtökohtina tulee olla mahdollisimman suuri hyöty/kustannus -suhde, alueellinen tasapuolisuus ja se, että yksilön yleinen turvallisuus (poliisi- ja pelastustoimi) ei vaarannu kohtuuttomasti.

Runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kustannukset voidaan määrittää suhteellisen tarkasti kohdan 6.3 perusteella. Korjaustoiminnan hyötyjen rahallinen arvottaminen on selvästi kustannusten arviointia vaikeampi tehtävä. Kohdassa 5.3 arvioitiin, että vuosina 1996-1998 kelirikosta liikennöinnille aiheutuvat lisäkustannukset ovat vuosittain luokkaa 50 Mmk. Jos tätä verrataan kaikkien potentiaalisten runkokelirikkovaurioiden korjauskustannuksiin (~350 Mmk), voidaan yleisesti todeta, että runkokelirikkovaurioiden korjaaminen on taloudellisesti erittäin perusteltua. Sen sijaan se, mihin määrään saakka on syytä korjata runkokelirikkovauriot, kulminoituu loppujen lopuksi käsitteeseen, milloin yleinen tie on liikennettä tyydyttävässä kunnossa. Kohdassa 5.2 kehitettiin runkokelirikkovaurioiden aiheuttaman haitan alueelliseksi arvioimiseksi suhteellinen menetelmä (haittaindeksit), mitä voidaan käyttää myös korjaustoiminnan hyötyjen arvioimisessa.

Yksilön yleinen turvallisuus edellyttää, että ainakaan hälytysajoneuvojen kulku ei kohtuuttomasti vaikeudu runkokelirikkovaurioista johtuen. Tämä voita-

neen tulkita yksinkertaisesti siten, että vakavat (vaurioluokka 1) runkokelirikkovauriot tulisi korjata mahdollisimman pikaisesti kokonaisuudessaan. Vasta tämän jälkeen alettaisiin korjata liikennettä tuntuvasti haittaavia (vaurioluokka 2) ja lieviä (vaurioluokka 3) vaurioita.

Edellä esitetyn perusteella runkokelirikkovaurioiden korjaaminen voisi tapahtua vaiheittain seuraavasti:

- I vaihe: korjataan vaurioluokan 1 vauriot
- II vaihe: korjataan vaurioluokan 2 vaurioita siinä määrin, että tiepiirikohtainen haittaindeksi, HI on korkeintaan 0.9
- III vaihe: korjataan vaurioluokan 2 vaurioita siinä määrin, että tiepiirikohtainen HI on korkeintaan 0.7
- IV vaihe: korjataan loput vaurioluokan 2 vaurioista ja vaurioluokan 3 vaurioita siinä määrin, että tiepiirikohtainen HI on korkeintaan 0.4
- V vaihe: korjataan loput vaurioluokan 3 vaurioista

Vaurioluokan 1 vaurioiden korjaamisen jälkeen kohdistamalla korjaustoiminta alueellisesti sinne, missä haittaindeksit ovat korkeimmat, runkokelirikosta johtuvat haitat eri tiepiireissä tasoittuvat selvästi lähtötilanteeseen verrattuna (taulukko 33). Esimerkiksi ennen korjaustoimenpiteitä Savo-Karjalan tiepiirin haittaindeksi on 1.6 -kertainen ja II vaiheen korjaustoimenpiteiden jälkeen ainoastaan 1.2 -kertainen koko maan keskimääräiseen tasoon verrattuna.

Taulukko 33. Runkokelirikkovaurioiden korjausvaiheiden vaikutus haittaindekseihin (vertailutaso kevät 1998) ja vaurioiden määrään.

Tiepiiri / vaurioluokka	Lähtö- tilanne	Runkokelirikkovaurioiden korjaaminen				
		Vaihe I	Vaihe II	Vaihe III	Vaihe IV	Vaihe V
Haittaindeksit						
Häme	1.28	1.18	0.90	0.70	0.40	0.00
Kaakkois-Suomi *	1.02	0.96	0.90	0.70	0.40	0.00
Keski-Suomi	1.08	0.97	0.90	0.70	0.40	0.00
Lappi	0.34	0.31	0.31	0.31	0.20	0.00
Oulu	1.17	1.13	0.90	0.70	0.40	0.00
Savo-Karjala	1.61	1.54	0.90	0.70	0.40	0.00
Turku	0.65	0.54	0.54	0.54	0.27	0.00
Vaasa	1.05	0.80	0.80	0.70	0.25	0.00
Koko maa	1.00	0.90	0.75	0.64	0.32	0.00
Vaurioiden määrä (koko maa), km						
Vaurioluokka 1	98.9					
Vaurioluokka 2	582.6	582.6	349.0	191.0		
Vaurioluokka 3	1970.3	1970.3	1970.3	1970.3	1507.3	
Yhteensä	2651.8	2552.9	2319.3	2161.3	1507.3	

* vuosien 1997 ja 1998 perusteella

Samalla kun alueelliset haittaindeksit tasoittuvat, myös runkokelirikosta johtuvat haitat vähenevät korjaustoiminnan seurauksena. Haittaindeksi alenee

luokkaa 0.1 - 0.15 kussakin vaiheessa I - III eli keskimäärin runsaan kymmenesosan lähtötilanteeseen verrattuna. Vastaavasti vaiheet IV ja V alentavat runkokelirikosta johtuvaa haittaa luokkaa 0.3. Kaakkois-Suomen tiepiirin haittaindeksiin määrittämisessä on käytetty vaurioluokan 3 osalta vuoden 1997 inventoinnin tuloksia. Tämä johtuu siitä, että vuonna 1997 vaurioluokan 3 vaurioita oli yhteensä 181.5 km, kun vuonna 1998 niitä inventoitiin ainoastaan 22.0 km.

Esimerkiksi, jos valitaan sellainen strategia, että tiepiirikohtainen haittaindeksi saa olla korkeintaan 0.4 (vaihe IV), korjaustoiminnan seurauksena poistetaan kaikki potentiaaliset vaurioluokan 1 ja 2 vauriot ja vajaat 500 km vaurioluokan 3 vaurioista. Tällöin jäisi korjaamatta noin 1500 km potentiaalisista vaurioluokan 3 vaurioista. Korjaustoiminnan seurauksena lähivuosina tuskin esiintyisi merkittävässä määrin vakavia vaurioluokan 1 vaurioita. Vaurioluokan 2 vaurioita saattaisi esiintyä vaikeina keväinä jonkin verran, koska vaurioituminen lisääntyy periaatteessa ainakin hieman vuosittain (sekoittuminen) ja korjaamattomia vaurioluokan 3 vaurioita olisi niinkin paljon kuin 1500 km.

Korjausvaiheiden I - III kustannukset vaihtelevat 39 ja 44 Mmk:n välillä ollen yhteensä luokkaa 123 Mmk (taulukko 34). Korjausvaiheen IV kustannukset ovat puolestaan vajaat 115 Mmk ja korjausvaiheen V runsaat 150 Mmk. Jos kaikki potentiaaliset runkokelirikkovauriot korjataan, rahaa tarvittaisiin yhteensä 380 Mmk. Ero taulukon 32 vastaavaan arvoon (354 Mmk) johtuu Kaakkois-Suomen inventointitulosten erilaisesta käsittelystä. Vaasan tiepiiriä lukuunottamatta vaiheiden I - III korjaustoiminta ja sitä myöten kustannukset ovat varsin järkevässä suhteessa lähtötilanteen haittaindekseihin. Kuten kohdassa 5.26 todettiin, haittaindeksi todennäköisesti aliarvioi runkokelirikosta johtuvaa haittaa Vaasan tiepiirissä. Toisaalta Vaasan tiepiirin inventoinneissa on ilmeisesti eroa muihin tiepiireihin verrattuna.

Taulukko 34. Runkokelirikkovaurioiden korjausvaiheiden kustannukset eri tiepiireissä .

Tiepiiri	Runkokelirikkovaurioiden korjaaminen, Mmk					
	Vaihe I	Vaihe II	Vaihe III	Vaihe IV	Vaihe V	Yhteensä
Häme	2.0	18.1	8.7	18.5	37.7	85.1
Kaakkois-Suomi *	0.6	2.4	5.8	11.0	22.6	42.4
Keski-Suomi	1.0	2.9	6.9	9.4	20.6	40.8
Lappi	0.1			1.4	5.6	7.1
Oulu	0.1	2.8	2.0	11.8	18.1	34.7
Savo-Karjala	1.1	18.1	4.0	12.4	17.1	52.8
Turku	1.7			6.9	7.7	16.3
Uusimaa **	0.6			2.4	2.7	5.7
Vaasa	32.4		11.2	31.8	19.0	94.4
Yhteensä	39.6	44.4	38.6	105.6	151.1	379.3

* vuosien 1997 ja 1998 perusteella

** arvioitu Turun tiepiirin tulosten perusteella

Tiepiireille on jaettu erillisrahoituksena vuosina 1998 ja 1999 yhteensä 80 Mmk sorateiden runkokelirikkovaurioiden korjaamiseen. Rahoitus jakaantui tiepiireille inventoitujen vauriopituuksien suhteessa. Kukin tiepiiri vastasi rahoituksen käytöstä itsenäisesti. Käytännössä korjaukset ovat kohdistuneet kokonaisuksiin yksittäisten vauriokohtien sijasta. Osa rahoituksesta

on saattanut kohdistua myös tavanomaiseen sorateiden kunnossapitoon. Ottaen huomioon edellä mainitut seikat voidaan varovasti arvioida, että potentiaalisten runkokelirikkovaurioiden korjauskustannukset ovat luokkaa 40 Mmk pienemmät kuin inventointitietojen perusteella määritetyt korjauskustannukset osoittavat. Vuonna 1998 toteutetut ja 1999 toteutettavat korjaustoimenpiteet alentavat pääasiassa kahden vakavimman vaurioluokan korjaamisessa tarvittavia kustannuksia. Jos lähdetään siitä, että tiepiirikohmainen haittaindeksi saa olla korkeintaan 0.4 (vaiheet I-IV), rahoitustarve huomioonottaen vuonna 1998 tehdyt ja 1999 tehtävät korjaustoimenpiteet on yhteensä luokkaa 200 Mmk.

Jos kaikki potentiaaliset runkokelirikkovauriot korjattaisiin, ilmasto-olosuhteiden tulisi olla poikkeuksellisen vaikeita, jotta uusia vakavia runkokelirikkovaurioita esiintyisi. Asiallisesti toteutettujen korjaustoimenpiteiden vaikutuksesta sorateiden voitaneen olettaa pysyvän liikennöitävyydeltään kelvollisessa kunnossa vähintään 10 vuoden ajan. Kuntotason säilymisen edellytyksenä ovat kuitenkin säännöllisesti suoritettavat tavanomaiset kunnossapitotoimenpiteet. Erityisesti riittävästä kuivattuksesta on huolehdittava.

Käytännössä soratieverkolla tulee ilmenemään vuosittain jonkin verran uusia runkokelirikkoisia tiekohtia, vaikka kaikki potentiaaliset vauriot korjattaisiinkin. Tavanomaisina keväinä vaurioiden määrä ei nouse huomattavaksi, mutta vaikeampien olosuhteiden (esim. kerran 5 vuodessa esiintyvien) seurauksena syntyneet runkokelirikkovauriot voivat jo aiheuttaa selviä ongelmia, vaikka pääosa uusista vaurioista on todennäköisesti lieviä. Siksi vaurioiden vuosittaisiin korjaustarpeisiin, ja sitä myötä kustannuksiin, tulee varautua myös tulevaisuudessa. Vuosittaisten korjauskustannusten voidaan karkeasti arvioida olevan valtakunnallisesti suuruusluokaltaan noin 5-10 Mmk vuodessa. Kustannuserä vastaisi vuosittain tapahtuvaa lievien vaurioiden korjaamista 50-100 km matkalta käyttäen kevyttä toimenpidettä C.

Edellä esitetyt tulokset eivät ole tarkkoja vaan paremminkin suuntaa-antavia, koska ensinnäkin haittaindeksit määritetään runkokelirikkoisten teiden lukumäärän mukaan (sinänsä pyritty ottamaan huomioon korjaaminen) ja korjauskustannukset potentiaalisten runkokelirikkovaurioiden perusteella. Toinen epävarmuustekijä liittyy vaurioinventointeihin ja varsinkin niiden yhdenmukaisuuteen, koska vaurioinventointitulokset vaikuttavat sekä haittaindekseihin että korjauskustannuksiin. Kolmas epävarmuustekijä liittyy siihen, että hyötyjen sekä kustannusten määrittämisessä on käytetty samoja periaatteita koko maassa, mikä ei ota riittävästi huomioon mahdollisia alueellisia eroja.

Edellä olevista seikoista huolimatta esitettyjä korjausvaiheita sekä niiden kustannuksia ja haittaindeksejä voidaan käyttää apuna arvioitaessa valtakunnallisia ja alueellisia runkokelirikkovaurioiden korjaamisesta johtuvia rahoitustarpeita.

6.43 Tiekohtainen priorisointi

Tiepiireissä toteutettava tiekohtainen priorisointi kannattaisi tehdä kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe olisi varsin karkea, missä periaatteessa ainoastaan seuloitaisiin esille potentiaaliset soratiet, mitkä kaipaisivat runkokelirikkovaurioiden korjaustoimenpiteitä. Toisessa vaiheessa tehtäisiin ensimmä-

mäisessä vaiheessa valituille sorateille tarkempi analyysi korjaustoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista.

Ensimmäisessä vaiheessa kannattaisi hyödyntää kohdassa 5.4 esitettyjä periaatteita. Tällöin voitaisiin kohtuullisen helposti, mutta kuitenkin tasapuolisesti, arvioida, mitkä soratiet ovat kaikkein kiireellisimpiä runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kannalta.

Toisessa vaiheessa voidaan tehdä varsin tarkkojakin arvioita tietyn tien ja tarvittaessa sen osien liikenteellisestä merkityksestä, jolloin pystytään asiallisesti arvioimaan korjaustoimenpiteiden hyötyjä. Toisen vaiheen vaikutusten selvityksessä kannattaa hyödyntää myös paikkatietorekistereitä. Korjauskustannukset voidaan myös määrittää tietyllä tiellä varsin tarkasti. Korjaustoimenpiteiden valinnan yhteydessä voidaan myös arvioida, kannattaako esim. korjata ainoastaan pahimmat runkokelirikkovauriokohdat vai korjataanko koko tien tai tietyn tieosan kaikki runkokelirikkovauriokohdat.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteet ja lähtöaineisto

Tutkimuksen päätavoitteina oli selvittää tehtyjen inventointien perusteella runkokelirikon laajuus ja laatu, millaisilla korjaustoimenpiteillä runkokelirikon haitat voidaan poistaa ja mitkä ovat korjauskustannukset. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös runkokelirikkovaurioiden korjaamisen tärkeysjärjestystä, kustannuksia ja hyötyjä koko maan ja tiepiirien kannalta. Alueellista tarkastelua on tarkoitus hyödyntää myöhemmin arvioitaessa valtakunnallisia ja alueellisia rahoitustarpeita sekä niiden vuosittaisia jaksotuksia. Tiepiirikohtaisen tarkastelun tavoitteena oli esittää periaatteita, joita voidaan puolestaan hyödyntää arvioitaessa tiekohtaisen runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kiireellisyysjärjestystä.

Vuosina 1995-1998 on koko maan soratiestöllä suoritettu tierekisteri-osoitteistoon sidottu runkokelirikkokohtien vaurioinventointi. Johtuen vuoden 1995 inventoinnin puutteista tutkimuksessa tarkastellaan käytännössä ainoastaan vuosien 1996-1998 inventointituloksia. Myös Uudenmaan tiepiiri on rajattu tarkastelun ulkopuolelle puutteellisten inventointien takia. Inventoinneissa käytettiin Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen /24/ mukaista kolmiportaista vaurioluokitusta; vakavat (vaurioluokka 1), liikennettä tuntuvasti haittaavat (vaurioluokka 2) ja lievät (vaurioluokka 3) vauriot.

Inventointien perusteella runkokelirikon määrä ja laatu vaihtelevat vuosittain merkittävästi. Runkokelirikkoa esiintyi vuonna 1996 2.8 %:lla, vuonna 1997 3.8 %:lla ja vuonna 1998 5.7 %:lla koko soratieverkosta. Vuonna 1996 vaurioiden yhteispituus oli 747 km, vuonna 1997 1018 km ja vuonna 1998 1546 km. Vuonna 1998 vakavien vaurioiden osuus vaurioiden yhteispituudesta oli noin 5 %, liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden osuus 27 % ja lievien vaurioiden osuus 68 %. Kahtena edellisenä vuonna lievien vaurioiden suhteellinen osuus oli selvästi suurempi kuin vuonna 1998. Tulosten perusteella vuosi 1998 oli sekä määrällisesti että vaikeudeltaan runkokelirikon suhteen selvästi vaikein tarkastelussa mukana olevista vuosista.

Ilmasto-olosuhteet ja runkokelirikko

Ilmasto-olosuhteiden sekä keväisten runkokelirikkovaurioiden laadun ja laajuuden välisten yhteyksien selvittämisellä pyrittiin toisaalta arvioimaan, millälaisia runkokelirikkokeväitä tutkimuksessa mukana olevat vuodet edustavat, ja toisaalta arvioimaan ns. mitoittavaa kelirikkokevättä. Selvitystyö toteutettiin otosperiaatteella, jolloin tutkimusalueiksi valittiin viisi maantieteellisesti toisistaan erillään olevaa aluetta siten, että ne kattavat mahdollisimman laajasti tärkeimmät Suomen ilmastotyyppit. Ilmasto-olosuhteita selvitettyäessä lähtöaineistona käytettiin Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksia.

Otosalueiden ilmasto-olosuhteita kuvaavina muuttujina tarkasteltiin kuutta keskeisintä ilmastotekijää; syksyn ja kevään sademääriä, talven pakkasmäärää, yöpakkasvuorokausien lukumäärää sulamiskaudella sekä routaantumisaikaa ja sulamisaikoja. Routaantumisaika määriteltiin soratien rungon ja alusrakenteen yläosan routaantumiseen kuluneena aikana, joka tarvitaan roudan etenemiseen 0.5 m tasolta 1.0 m tasolle. Sulamisaika määriteltiin vastaa-

vasti soratien pinnasta tapahtuvaan sulamiseen kuluvana aikana, joka tarvitaan sulamisen etenemiseen 0.25 m tasolta 0.75 m tasolle. Edellä määritellyjä routaantumis- ja sulamisaikoja arvioitiin teoreettisesti keskimääräistä rakentamatonta soratierakennetta havainnollistavan rakenteen avulla. Teoreettisesti määritetyt routaantumiseen liittyvät tulokset vastaavat hyvin Savo-Karjalan koealueilla tehtyjä kenttämittauksia ja laskennallisia tuloksia /21/, jos otetaan huomioon hieman erilaiset tierakenteet.

Tulosten perusteella parhaiten soratiestön runkokelirikkovaurioiden laajuutta ja laatua selittivät routaantumisaika ja roudan sulamisaika sekä yöpakkasvuorokausien lukumäärä roudan sulamiskaudella. Vaikka roudan sulamisaika ja yöpakkasvuorokausien lukumäärä korreloivat lähes kaikilla tarkastelualueilla runkokelirikkovaurioiden kanssa, niiden kykyä selittää vauriopituuksien muutoksia ei voi pitää kuitenkaan tarpeeksi hyvinä pienien vuosittaisten vaihteluiden vuoksi. Sen sijaan routaantumisaika oli ainoa muuttuja, minkä arvot erosivat toisistaan huomattavasti tarkasteluvuosina. Käytännössä mitä leudompi kelirikkokevättä edeltävä alkutalvi on (pitkä routaantumisaika) sitä otollisemmat olosuhteet ovat vaikealle keväiselle runkokelirikkotilanteelle. Tässä tutkimuksessa käytettyä menetelmää voidaan soveltaa myös ennustettaessa kevään kelirikkotilannetta etukäteen.

Kolmenkymmenen vuoden aikajakson 1967-1996 perusteella kevään 1996 runkokelirikkotilanteeseen vaikuttaneet olosuhteet (routaantumisaika) vastasivat keskimäärin kerran 3 vuodessa esiintyviä helppoja olosuhteita. Kevään 1997 runkokelirikkotilanteeseen vaikuttaneet olosuhteet olivat tunnusomaiset keskimääräiselle eli ns. normaalin vuoden olosuhteille. Kevään 1998 runkokelirikkotilanteeseen vaikuttaneet olosuhteet vastasivat puolestaan keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyviä vaikeita olosuhteita.

Runkokelirikon laajuus ja laatu

Keväällä 1998 koko maassa vakavasti vaurioituneita runkokelirikkokohtia oli 249, liikennettä tuntuvasti haittaavia 2748 ja lieviä vauriokohtia 8464 kappaletta. Vakavasti vaurioituneita ja liikennettä tuntuvasti haittaavia tiekohtia oli eniten Vaasan ja Hämeen tiepiireissä. Lieviä vauriokohtia oli puolestaan selvästi eniten Hämeen tiepiirissä. Lieviä vauriokohtia oli yli 1000 kappaletta myös Savo-Karjalan, Keski-Suomen ja Oulun tiepiireissä. Yhteensä kaikkia vaurioluokkia edustavia tiekohtia oli eniten eli lähes 3400 Hämeen tiepiirissä. Yksittäisten vauriokohtien pituudet eivät vaihdelleet keskimäärin kovinkaan paljon eri tiepiireissä lukuunottamatta Vaasan tiepiiriä, missä oli paljon poikkeuksellisen pitkiä vauriokohtia.

Keväällä 1998 vakavien vaurioiden prosenttiosuus sorateiden kokonaispituudesta oli inventointitulosten mukaan ylivoimaisesti suurin Vaasan tiepiirissä (2.25 %). Muissa tiepiireissä vakavia vaurioita oli korkeintaan 0.2 %. Liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden osuus oli yleisimmin luokkaa 1-4 %. Lievien runkokelirikkovaurioiden osuudet olivat suurimmat Hämeen (yli 10 %) ja Keski-Suomen (yli 6 %) tiepiireissä. Keväällä 1998 kaikkien vaurioiden yhteispituus oli luokkaa 200 km tai enemmän Hämeen, Vaasan, Savo-Karjalan, Keski-Suomen ja Oulun tiepiireissä.

Runkokelirikon vauriokohtien keskinäistä sijaintia vuosina 1997 ja 1998 on selvitetty kolmella eri otosalueella. Hyvin huomattavaa osaa vuonna 1997

tilastoiduista vauriokohdista ei havaittu enää keväällä 1998. Yksi syy vauriokohtien kunnon parantumiseen ovat kunnossapitotoimenpiteiden yhteydessä usein suoritettavat sorastukset, joissa pahimmille tiekohdille lisätään mursketta. Keväällä 1998 rekisteröidyistä vaurioista puolestaan vähintään kaksi kolmasosaa sijaitsi soratieosuuksilla, joissa ei edellisen vuoden vaurioinventoinneissa ollut runkokelirikkovaurioita. Pääsyyinä tähän on luonnollisesti se, että kevään 1998 runkokelirikkotilanne oli huomattavan vaikea verrattuna kevääseen 1997.

Koska eri vuosina vauriokohdat sijaitsivat huomattavassa määrin eri tiekohdissa, selvitettiin, mikä on otosalueilla runkokelirikkovaurioita sisältäneen soratiestön kokonaispituus tarkasteluvuosien 1996-1998 aikana. Lähtökohtana käytettiin vuonna 1998 vallinnutta runkokelirikkotilannetta. Vuoden 1998 vauriopituuksiin lisättiin vuosina 1997 ja 1996 inventoidut vauriot, kuitenkin poistaen pituuksista eri vuosina samassa tienkohdassa olevat vauriot. Tulosten perusteella vuosina 1996-1998 esiintyneet vakavat runkokelirikkovauriot saadaan kertomalla vuoden 1998 vaurioluokan 1 vauriot luvulla 1.2. Vastaaavat kertoimet vaurioluokissa 2 ja 3 ovat 1.4 ja 1.6.

Keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyvä vaikea tilanne kannattaa valita lähtökohdaksi runkokelirikon laajuutta ja laatua arvioitaessa, koska vuoden 1998 inventointitulokset vastaavat keskimäärin kerran viidessä vuodessa esiintyviä vaikeita olosuhteita. Kertomalla vuoden 1998 inventointitulokset edellä mainituilla vaurioluokakohtaisilla kertoimilla voidaan määrittää ns. mitoittavan kelirikon mukaiset runkokelirikon vauriopituudet. Tällöin vakavien runkokelirikkovaurioiden potentiaalisiksi pituuksiksi soratiestöllä tulee lähes 100 km, liikennettä tuntuvasti haittaavien vaurioiden pituudeksi yli 570 km ja lievien vaurioiden pituudeksi lähes 1700 km.

Kelirikon liikenteelliset haitat

Runkokelirikosta aiheutuvia haittavaikutuksia väylien käytettävyydelle tarkasteltiin valtakunnallisella ja tiepiiritasolla. Tavoitteina oli verrata kuljetuksille ja liikkumiselle aiheutuvia haittavaikutuksia sekä saada kokonaiskäsitys haittavaikutusten kohdentuvuudesta tiepiirien kesken. Tarkastelu pohjautui yksittäisten, usein lyhyidenkin vauriokohtien sijasta kokonaisten sorateiden tarkasteluun, koska jo lyhytkin vaurio heikentää koko tien käytettävyyttä.

Haittavaikutustarkastelussa käsiteltiin erikseen seitsemää sorateiden kannalta tärkeää kuljetusryhmää sekä liikennesuoritetta. Tarkasteltavat kuljetusryhmät olivat raakapuu-, turve-, maatalous-, elintarvike-, maito-, poltto- ja voiteluaine- sekä eläinkuljetukset. Tarkastelun lähtökohtana oli, että tietty prosenttiosuus tarkasteltavista kuljetuslajeista käyttää joko lähtö- tai määräpaikkana soratien vaikutuspiirissä olevaa aluetta kelirikon aikana.

Tiepiirien soratiestön kuljetus- ja liikennesuoritteet suhteutettiin koko maan vastaaviin suoritteisiin, jolloin saatiin ns. suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut. Haittaluvut painotettiin kertoimilla, jotka kuvaavat eri suoritteiden kohdentuvuutta soratieverkolle. Painotuksen avulla saatujen liikenteen kokonaishaittakertoimien perusteella saadaan kokonaiskuva liikenteellisten haittavaikutusten alueellisista eroista.

Runkokelirikon aiheuttamaa haittaa tarkasteltaessa vaurioteiden lukumääriä painotettiin piireittäin vaurioiden vakavuuden mukaisesti, jolloin saadaan ns. runkokelirikkovaurioiden vaikeuskerroin. Tiepiirien vaikeuskertoimet suhteutettiin keskenään vertailukelpoisiksi käyttäen vertailukohtana vuoden 1998 runkokelirikkotilannetta, jolloin saadaan ns. suhteelliset vaikeuskertoimet.

Yhdistämällä liikenteen kokonaishaittakertoimien ja runkokelirikon suhteellisten vaikeuskertoimien vaikutus saatiin alueelliset haittaindeksit, jotka kuvaavat runkokelirikosta soratiestön käytettävyydelle aiheutuvia haittavaikutuksia. Toinen vertailukohde oli koko maalle määritetty keskimääräinen haittaindeksi.

Vuonna 1998 runkokelirikosta johtuva haitta oli haittaindeksin perusteella selvästi suurin Savo-Karjalan tiepiirissä. Seuraavaksi suurimmat haittaindeksit olivat Hämeen ja Oulun tiepiireissä. Myös Keski-Suomen ja Vaasan tiepiireissä runkokelirikosta johtuva haitta oli hieman keskimääräistä suurempi, kun taas Kaakkois-Suomen, Lapin ja Turun tiepiireissä haitta oli selvästi koko maan keskimääräistä haittaa pienempi.

Runkokelirikosta johtuva haitta oli Savo-Karjalan tiepiirissä lähes viisinkertainen Lapin tiepiirin haittaan verrattuna. Savo-Karjalan tiepiirin suuri haittaindeksi johtui suurista kelimikon aikaisista kuljetus- ja liikennesuoritteista. Lapin tiepiirissä sen sijaan runkokelirikon aikaiset kuljetus- ja liikennesuoritteet olivat suhteellisen vähäisiä ja runkokelirikon vaikeus oli selvästi alle koko maan keskitason. Vaasan tiepiirissä runkokelirikosta johtuva haitta oli lähellä koko maan keskiarvoa huolimatta siitä, että runkokelirikkoisten sorateiden osuus kaikista sorateista oli varsin alhainen (pieni liikenteen kokonaishaittakerron). Vaasan tiepiirissä haittaindeksiä nosti runkokelirikkovaurioiden vaikeus eli suuri suhteellinen vaikeuskerroin.

Määritetyt haittaindeksit toimivat varsin hyvin, joskin ne pitävät sisällään tiettyjä epävarmuustekijöitä. Haitan arviointi on kuljetusmäärien ja liikennesuoritteiden suhteen johdonmukainen. Runkokelirikkovaurioiden vaikeus heijastuu mallissa suhteellisen voimakkaana korostaen haitan konkreettisuutta. Yleisesti voitaneen todeta, että haittaindeksin määrittämisessä suurin epävarmuustekijä liittyy tehtyihin vaurioinventointeihin. Yhtenä epävarmuustekijänä mallissa on painokertoimien käyttö, joskaan kohtalaisen suuretkaan muutokset painokertoimissa eivät vaikuta kovinkaan paljon lopputulokseen. Lisäksi laskelmissa oletetaan, että kuljetukset jakaantuvat samassa suhteessa kaikissa tiepiireissä. Yleisesti voidaan kuitenkin arvioida, että määritetyt tiepiirien haittaindeksit kuvaavat runkokelirikon haittavaikutuksia kohtuullisen tasapuolisesti.

Runkokelirikon aiheuttamien taloudellisten haittojen arvioiminen on vaikeaa kelimikon haitan erilaisen kokemisen ja kustannusten kohdistettavuuden vuoksi. Tässä tutkimuksessa arvioitiin karkeasti, että ajanjaksolla 1996-1998 kelimikosta aiheutui lisäkustannuksia vuosittain keskimäärin 50 Mmk, mistä kaksi kolmasosaa kohdistui raskaalle ja yksi kolmasosa henkilöautoliikenteelle. Arvio taloudellisista haitoista on samaa luokkaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Arviossa ei ole mukana esimerkiksi epämukavuudesta, palveluiden saatavuuden heikkenemisestä ja kotitalouksien huollon vaikeutumisesta aiheutuvia kustannuksia, vaikka kyseiset tekijät aiheuttavat lisähaittoja. Sen vuoksi arvioidut vuosittaiset kelimikkokustannukset ovat paremminkin alhaisia kuin liian suuria.

Runkokelirikkovaurioiden korjaaminen

Korjausrakentamisella voidaan vähentää runkokelirikosta aiheutuvaa haittaa merkittävästi. Perinteinen runkokelirikkovaurioiden korjaustapa, murskeen lisäys, on lyhyellä aikavälillä käyttökelpoinen ratkaisu, mutta murskeen asteittainen sekoittuminen alustaansa aiheuttaa saavutetun hyödyn vähittäisen pienenemisen. Viime vuosina on käytetty pääasiassa Sorateiden runkokelirikon inventointiohjeen /24/ mukaisia korjaustapoja. Muita korjaustapoja on käytännössä ainoastaan lähinnä kokeiltu.

Toteutuneiden kustannusten perusteella voidaan arvioida, että inventointiohjeen mukaisen korjaustavan A (raskas toimenpide) keskimääräiset korjauskustannukset ovat noin 400 mk/jm, korjaustavan B (keskiraskas toimenpide) 245 mk/jm ja korjaustavan C (kevyt toimenpide) 100 mk/jm. Arvioituja korjauskustannuksia ja potentiaalisia runkokelirikkovaurioita käyttäen runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kokonaiskustannuksiksi koko maassa saadaan runsaat 350 Mmk, mistä vakavien vauriokohteiden osuus on yhteensä vajaat 40 Mmk, liikennettä tuntuvasti haittaavien vauriokohteiden runsaat 140 Mmk ja lievien vauriokohteiden runsaat 170 Mmk.

Runkokelirikkovaurioiden korjaustoiminnan tärkeysjärjestystä voidaan tarkastella sekä koko maan että tiepiirien kannalta. Koko maan kannalta tarkasteltaessa tulisi pystyä määrittämään alueellinen runkokelirikkovaurioiden korjaustarve sekä korjaamisen tärkeysjärjestys, kustannukset ja hyödyt, jotta pystyttäisiin arvioimaan valtakunnan ja alueellisia rahoitustarpeita ja niiden vuosittaisia jaksotuksia. Tiepiirien kannalta tarkasteltaessa tulisi pystyä puolestaan määrittämään tiekohtainen runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kiireellisyysjärjestys. Tässä selvityksessä on keskitytty pääasiassa valtakunnalliseen tarkasteluun.

Runkokelirikkovaurioiden korjaamisen kustannukset voidaan määrittää suhteellisen tarkasti. Korjaustoiminnan hyötyjen rahallinen arvottaminen on selvästi kustannusten arviointia vaikeampi tehtävä. Edellä arvioitiin, että kelistä liikennöinnille aiheutuvat lisäkustannukset ovat vuosittain luokkaa 50 Mmk. Runkokelirikkovaurioiden korjaaminen on taloudellisesti erittäin perusteltua, kun verrataan kaikkien potentiaalisten runkokelirikkovaurioiden korjauskustannuksia (~350 Mmk) ja kelistä liikennöinnille aiheutuvia lisäkustannuksia. Korjaustoimintaan liittyen runkokelirikon aiheuttaman haitan alueellisessa arvioinnissa voidaan myös käyttää aikaisemmin esitettyä suhteellista menetelmää (haittaindeksit).

Runkokelirikkovaurioiden alueellisessa korjaustoiminnan priorisoinnissa lähtökohtana tulee olla mahdollisimman suuri hyöty/kustannus –suhde, alueellinen tasapuolisuus ja se, että yksilön yleinen turvallisuus ei vaarannu. Yksilön yleinen turvallisuus edellyttää, että vakavat (vaurioluokka 1) runkokelirikkovauriot tulisi korjata mahdollisimman pikaisesti kokonaisuudessaan, jottei ainakaan hälytysajoneuvojen kulku esty. Tämän jälkeen runkokelirikkovauriot voitaisiin korjata asteittain esimerkiksi siten, että tiepiirikohtainen haittaindeksi on eri vaiheissa korkeintaan 0.9, 0.7 ja 0.4. Kohdistamalla korjaustoiminta alueellisesti sinne, missä haittaindeksit ovat korkeimmat, runkokelirikosta johtuvat haitat eri tiepiireissä tasoittuvat selvästi ja luonnollisesti alenevat lähtötilanteeseen verrattuna.

Tiekohtainen priorisointi puolestaan kannattaisi tehdä kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe olisi varsin karkea, missä periaatteessa ainoastaan seuloittaisiin esille potentiaaliset soratiet, mitkä kaipaisivat korjaustoimenpiteitä, esimerkiksi hyödyntäen tässä tutkimuksessa esitettyjä periaatteita (kohta 5.4). Toisessa vaiheessa tehtäisiin ensimmäisessä vaiheessa valituille sora-teille tarkempi analyysi liikenteellisestä merkityksestä, jolloin pystyttäisiin luottavasti arvioimaan korjaustoimenpiteiden hyötyjä.

Mahdolliset lisätutkimukset

Tässä tehdyn tutkimuksen yhteydessä on todettu eräitä epävarmuustekijöitä, jotka kaipaisivat lisäselvityksiä ja jatkotutkimuksia. Tällaisista tekijöistä keskeisin on selvityksen pohjana käytetty soratiestön runkokelirikon inventointi. Inventointeja olisi syytä jatkaa ainakin muutaman vuoden ajan, jotta saataisiin nykyistä pitemmän ajanjakson tiedosto käytettäväksi. Tämä loisi pohjaa tässä kehitettyjen mallien ja kevään kelirikkotilanteen ennustamisen menettelyn tarkentamiseksi. Toinen seikka runkokelirikon inventoinneissa on niiden aluekohtainen yhdenmukaisuus. Tiepiirien tekemissä inventoinneissa on todennäköisesti suuriakin tulkintaeroja.

Inventointien ohella lisätutkimuksia olisi hyödyllistä tehdä käytettyjen korjaustoimenpiteiden toiminnan suhteen. Runkokelirikon aiheuttamien taloudellisten haittojen tarkempi määrittäminen kaipaisi myös lisäselvityksiä.

Tässä tutkimuksessa esiintulleiden epävarmuustekijöiden lisäksi kelirikkoon liittyvien painorajoitusten määrittämismenettelyn ja käytön yhdenmukaistamiseksi tarvittaisiin lisätutkimuksia.

LÄHDELUETTELO

- 1 Alempiasteisen tieverkon strategiat; tienpidon kohdentamisen vaikutukset kylien kehitykseen. Tielaitoksen selvityksiä 80/1996. Tielaitos, S11 Tienpidon yhteiskunnalliset vaikutukset. Helsinki 1996.
- 2 Alempiasteisen tieverkon strategiat; tienpidon kohdentamisen vaikutukset kuljetuksiin. Tielaitoksen selvityksiä 12/1997. Tielaitos, Tiehallinto. Helsinki 1997. (tekijän antama korjattu versio)
- 3 Burmansson, F. Kelirikkoteiden välilliset kustannukset. Tie- ja vesirakennushallitus. Helsinki 1973.
- 4 Gustavsson, H., Näätänen, A., Orama, R., Slunga, E. Routakestävyysden kestoikämalli, vuoden 1997 työt. TPPT työraportti E13. VTT Yhdyskuntatekniikka. Espoo 1997.
- 5 Hiltunen, K., Salmela, T. Sorateiden kehittämistarpeiden kartoitus. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 1/1995. Tielaitos, Tutkimuskeskus. Helsinki 1995. TIEL 400 0097.
- 6 Ilikkanen, P., Saarlo, A. Alempiasteisten teiden merkitys kuljetuksille. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 11/1996. Tielaitos, Keskushallinto. Helsinki 1996.
- 7 Karhula, J. Sorateiden runkokelirikko vuonna 1995. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 50/1995. Tielaitos, Tutkimuskeskus. Helsinki 1995.
- 8 Karhula, J. Soratiestön kelirikko ja keväiset liikennerajoitukset 1995–1996. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 56/1996. Tielaitos, Tutkimuskeskus. Helsinki 1996. TIEL 400 0163.
- 9 Kuntatilastot (<http://www.fennica.ascentia.fi/>)
- 10 Käsikirja yksityisteiden tienpidon osittelusta. Maanmittauslaitoksen julkaisuja 79. Helsinki 1996.
- 11 Launonen, P., Turunen, P. Sään ja hydrologisten tekijöiden vaikutus kevätkelirikkoon. Tielaitoksen selvityksiä 20/1995. Kuopio 1995.
- 12 Luoma, S. Tieliikenteen sujuvuus ja sen mittaaminen. Tielaitoksen selvityksiä 21/1998. Tielaitos, Tiehallinto. Helsinki 1998.
- 13 Maatilarekisteri 1996, Maa- ja metsätalous, Helsinki 1997.
- 14 Maatilatilastollinen vuosikirja 1997, Maa- ja metsätalous, Helsinki 1997.
- 15 Metsätien kunnossapito. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki 1993.

- 16 Mt 3424 rakenteen parantaminen välillä Yläkangas - Jokiranta, Pihlaisto, Kuorevesi, yhteenvetoraportti vuoden 1977 töistä. Tielaitos, Hämeen tiepiiri. 1997.
- 17 Mt 3424 rakenteen parantaminen välillä Yläkangas - Jokiranta, Pihlaisto, Kuorevesi, yhteenvetoraportti suunnittelusta, rakentamisesta ja seurannasta 1997-1998. Tielaitos, Hämeen tiepiiri. 1998. (luonnos)
- 18 Puutavara- ja turvekuljetukset Keski-Suomessa, kelirikkoisten teiden kehittäminen teollisuuden tarpeiden pohjalta, Tielaitos, Keski-Suomen tiepiiri 1993.
- 19 Rantala, J. Elinkeinoelämän tiekuljetukset Suomessa, Tielaitoksen selvityksiä 52/1996, Tielaitos, S11 Tienpidon yhteiskunnalliset vaikutukset. Helsinki 1996.
- 20 Rope, E. Tienpidon kohdentaminen Päijät-Hämeen alemmalla tieverkolla. (<http://www.reg.fi/phame/kylatie>). Tielaitoksen tilaustutkimus 1998.
- 21 Saarelainen, S. Kelirikkoisen soratien kantavuuden parantamismenetelmiä. Bitumistabilointi ja raudoitettu murske. Loppuraportti. Tielaitos, Savo-Karjalan tiepiiri ja keskushallinto. Kuopio 1998. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 6/1999. TIEL 400 0200
- 22 Saarelainen, S. M52 Kevätkantavuus. Kelirikon mallintaminen. TPPT työraportti M8. VTT Yhdyskuntatekniikka. Espoo 1997.
- 23 Synteettiset geovahvisteet, suunnittelu ja rakentaminen. Geovahviste-projekti. Rakennustieto. 1998.
- 24 Tielaitos, kunnossapidon ohjaus. Sorateiden runkokelirikon inventointiohje. Tielaitos, Keskushallinto, Tienpidon suunnittelu. Helsinki 1996. TIEL 223 0017.
- 25 Tieliikenteen kuljetusolosuhteiden parantaminen Oulun tiepiirin alueella; Tienpito ja raskaan liikenteen tarpeet, Tekninen raportti 1995, Tielaitos, Oulun tiepiiri, Pohjois-Pohjanmaan liitto, Kainuun liitto.
- 26 Tiestön kehittäminen raskaan liikenteen tarpeiden pohjalta Kuopion ja Pohjois-Karjalan lääneissä, Tekninen raportti 1994, Tielaitos, Savo-Karjalan tiepiiri.
- 27 Tietilasto 1996, Tielaitoksen tilastoja 3/1997, Tielaitos. Helsinki 1997.
- 28 Uusia menetelmiä sorateiden kelirikkovaurioiden korjaamiseksi. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 57/1994.
- 29 Yleiset tiet 1.1. 1998. Tielaitos, tiehallinto, tiestötiedot. Tielaitoksen tilastoja 1/1998. Helsinki 1998. TIEL 330 0001-98.

LIITTEET

- LIITE 1 : Ilmasto- ja runkokelirikkomuuttujat tarkasteluvuosittain ja -alueittain
- LIITE 2 : Ilmastomuuttujien ja runkokelirikkopituuksien väliset korrelaatiot
- LIITE 3 : Ilmastomuuttujien jakaumat pitkällä aikavälillä 1967-1996
- LIITE 4 : Runkokelirikkovaurioisten soratiekohtien lukumäärä ja pituus tiepiireittäin keväiden 1996 ja 1997 inventointien perusteella
- LIITE 5 : Suhteelliset kuljetus- ja liikennesuoritehaittaluvut
- LIITE 6 : Runkokelirikon vaikeuskertoimien määrittäminen
- LIITE 7 : Tiekohtaiset toimenpidetarpeet, tarkastelun lähtöarvot kunnittain
- LIITE 8 : Tiekohtaiset toimenpidetarpeet, tarkastelun tulokset
- LIITE 9 : Tielaitoksen haittaindeksit Jämsän kunnassa olevilla runkokelirikkokisilla sorateilla (tiekohtainen tarkastelu)

Ilmasto- ja runkokelirikkomuuttujat tarkasteluvuosittain ja -alueittain

Ilmastomuuttujat / Runkokelirikko- muuttujat	Vaurioluokat	Alue 1 eteläinen Tarkasteluvuodet				Alue 2 läntinen Tarkasteluvuodet				Alue 3 keskinen Tarkasteluvuodet				Alue 4 itäinen Tarkasteluvuodet				Alue 5 pohjoinen Tarkasteluvuodet			
		95-96	96-97	97-98		95-96	96-97	97-98		95-96	96-97	97-98		95-96	96-97	97-98		95-96	96-97	97-98	
		193	126	198		145	123	202		222	127	173		233	91	140		162	118	143	
Syksyn sademäärä																					
%- osuus pituudesta	vi 1	0.01	0.00	0.07		0.82	0.66	4.84		0.01	0.00	0.09		0.00	0.01	0.02		0.00	0.00	0.00	
%- osuus pituudesta	vi 2	0.01	0.00	0.83		0.94	7.38	4.91		0.05	0.05	1.87		0.13	0.23	1.57		0.12	0.00	0.01	
%- osuus pituudesta	vi 3	0.53	1.54	3.02		0.96	4.18	7.10		3.14	5.29	6.34		1.77	1.25	3.75		0.71	0.07	1.01	
%- osuus pituudesta	vi yht.	0.55	1.54	3.92		2.71	12.22	16.85		3.21	5.34	8.30		1.90	1.48	5.34		0.83	0.07	1.02	
Routaantumisnopeus		8	13	14.5		8	11	13		5.5	7	9.5		5	6	9		3.5	5	7	
%- osuus pituudesta	vi 1	0.01	0.00	0.07		0.82	0.66	4.84		0.01	0.00	0.09		0.00	0.01	0.02		0.00	0.00	0.00	
%- osuus pituudesta	vi 2	0.01	0.00	0.83		0.94	7.38	4.91		0.05	0.05	1.87		0.13	0.23	1.57		0.12	0.00	0.01	
%- osuus pituudesta	vi 3	0.53	1.54	3.02		0.96	4.18	7.10		3.14	5.29	6.34		1.77	1.25	3.75		0.71	0.07	1.01	
%- osuus pituudesta	vi yht.	0.55	1.54	3.92		2.71	12.22	16.85		3.21	5.34	8.30		1.90	1.48	5.34		0.83	0.07	1.02	
Talven pakkasmäärä		20380.3	12532.8	12976.8		20785.7	13665.6	14396.3		27926.2	20569.4	22628.5		30191.8	24300.3	27938		41299.2	31808.7	39026.4	
%- osuus pituudesta	vi 1	0.01	0.00	0.07		0.82	0.66	4.84		0.01	0.00	0.09		0.00	0.01	0.02		0.00	0.00	0.00	
%- osuus pituudesta	vi 2	0.01	0.00	0.83		0.94	7.38	4.91		0.05	0.05	1.87		0.13	0.23	1.57		0.12	0.00	0.01	
%- osuus pituudesta	vi 3	0.53	1.54	3.02		0.96	4.18	7.10		3.14	5.29	6.34		1.77	1.25	3.75		0.71	0.07	1.01	
%- osuus pituudesta	vi yht.	0.55	1.54	3.92		2.71	12.22	16.85		3.21	5.34	8.30		1.90	1.48	5.34		0.83	0.07	1.02	
Sulamisnopeus		4.5	6	5		4.5	6	5.5		4	4.5	5		4	4.5	5		4.5	4	5	
%- osuus pituudesta	vi 1	0.01	0.00	0.07		0.82	0.66	4.84		0.01	0.00	0.09		0.00	0.01	0.02		0.00	0.00	0.00	
%- osuus pituudesta	vi 2	0.01	0.00	0.83		0.94	7.38	4.91		0.05	0.05	1.87		0.13	0.23	1.57		0.12	0.00	0.01	
%- osuus pituudesta	vi 3	0.53	1.54	3.02		0.96	4.18	7.10		3.14	5.29	6.34		1.77	1.25	3.75		0.71	0.07	1.01	
%- osuus pituudesta	vi yht.	0.55	1.54	3.92		2.71	12.22	16.85		3.21	5.34	8.30		1.90	1.48	5.34		0.83	0.07	1.02	
Kevään sademäärä		133	122	191		133	79	152		179	155	134		164	110	184		144	65	165	
%- osuus pituudesta	vi 1	0.01	0.00	0.07		0.82	0.66	4.84		0.01	0.00	0.09		0.00	0.01	0.02		0.00	0.00	0.00	
%- osuus pituudesta	vi 2	0.01	0.00	0.83		0.94	7.38	4.91		0.05	0.05	1.87		0.13	0.23	1.57		0.12	0.00	0.01	
%- osuus pituudesta	vi 3	0.53	1.54	3.02		0.96	4.18	7.10		3.14	5.29	6.34		1.77	1.25	3.75		0.71	0.07	1.01	
%- osuus pituudesta	vi yht.	0.55	1.54	3.92		2.71	12.22	16.85		3.21	5.34	8.30		1.90	1.48	5.34		0.83	0.07	1.02	
Yöpakkas vrk keväällä		36	30	28		43	30	28		42	34	27		39	36	29		38	27	13	
%- osuus pituudesta	vi 1	0.01	0.00	0.07		0.82	0.66	4.84		0.01	0.00	0.09		0.00	0.01	0.02		0.00	0.00	0.00	
%- osuus pituudesta	vi 2	0.01	0.00	0.83		0.94	7.38	4.91		0.05	0.05	1.87		0.13	0.23	1.57		0.12	0.00	0.01	
%- osuus pituudesta	vi 3	0.53	1.54	3.02		0.96	4.18	7.10		3.14	5.29	6.34		1.77	1.25	3.75		0.71	0.07	1.01	
%- osuus pituudesta	vi yht.	0.55	1.54	3.92		2.71	12.22	16.85		3.21	5.34	8.30		1.90	1.48	5.34		0.83	0.07	1.02	

Ilmastomuuttujien ja runkokelirikkopituuksien väliset korrelaatiot

Alue 1, eteläinen :

Ilmastomuuttuja	Korrelaatiokertoimet vaurioluokittain			
	VI 1 "vakava"	VI 2	VI 3 "lievä"	Yht.
Syksyn sademäärä [mm]	0.708	0.557	0.171	0.291
Routaantumisaika 0.5 m–1.0 m [vk]	0.518	0.675	0.917	0.860
Talven pakkasmäärä [Kh]	-0.269	-0.451	-0.775	-0.691
Sulamisaika 0.25 m–0.75 m [vk]	-0.381	-0.194	0.222	0.100
Sulamiskauden sademäärä [mm]	0.999	0.990	0.846	0.905
Yöpakkasvrk lukumäärä keväällä [kpl]	-0.536	-0.690	-0.925	-0.871

Alue 2, läntinen, :

Ilmastomuuttuja	Korrelaatiokertoimet vaurioluokittain			
	VI 1 "vakava"	VI 2	VI 3 "lievä"	Yht.
Syksyn sademäärä [mm]	0.972	-0.139	0.679	0.546
Routaantumisaika 0.5 m–1.0 m [vk]	0.782	0.698	0.996	0.997
Talven pakkasmäärä [Kh]	-0.385	-0.956	-0.832	-0.913
Sulamisaika 0.25 m–0.75 m [vk]	0.155	0.998	0.676	0.789
Sulamiskauden sademäärä [mm]	0.726	-0.613	0.224	0.057
Yöpakkasvrk lukumäärä keväällä [kpl]	-0.574	-0.874	-0.931	-0.979

Alue 3, keskinen :

Ilmastomuuttuja	Korrelaatiokertoimet vaurioluokittain			
	VI 1 "vakava"	VI 2	VI 3 "lievä"	Yht.
Syksyn sademäärä [mm]	0.093	-0.016	-0.672	-0.433
Routaantumisaika 0.5 m–1.0 m [vk]	0.881	0.928	0.943	0.999
Talven pakkasmäärä [Kh]	-0.137	-0.244	-0.824	-0.628
Sulamisaika 0.25 m–0.75 m [vk]	0.805	0.865	0.981	0.996
Sulamiskauden sademäärä [mm]	-0.781	-0.845	-0.988	-0.991
Yöpakkasvrk lukumäärä keväällä [kpl]	-0.781	-0.845	-0.988	-0.991

Alue 4, itäinen :

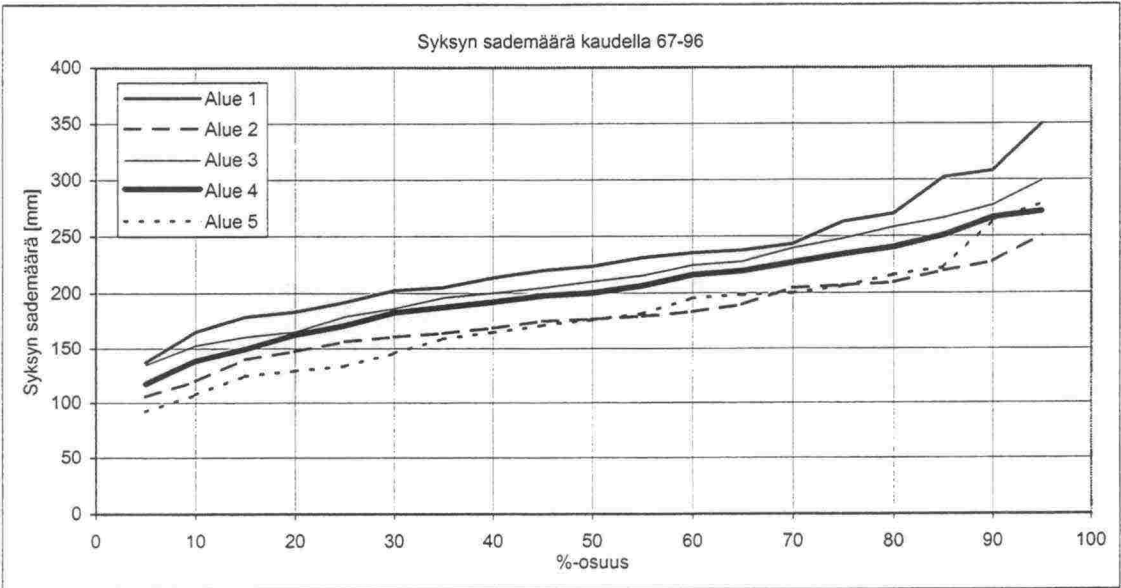
Ilmastomuuttuja	Korrelaatiokertoimet vaurioluokittain			
	VI 1 "vakava"	VI 2	VI 3 "lievä"	Yht.
Syksyn sademäärä [mm]	-0.514	-0.237	0.024	-0.077
Routaantumisaika 0.5 m–1.0 m [vk]	0.993	0.984	0.903	0.942
Talven pakkasmäärä [Kh]	-0.226	0.072	0.330	0.232
Sulamisaika 0.25 m–0.75 m [vk]	0.987	0.896	0.748	0.812
Sulamiskauden sademäärä [mm]	0.412	0.663	0.836	0.776
Yöpakkasvrk lukumäärä keväällä [kpl]	-0.998	-0.973	-0.878	-0.922

Alue 5, pohjoinen :

Ilmastomuuttuja	Korrelaatiokertoimet vaurioluokittain			
	VI 1 "vakava"	VI 2	VI 3 "lievä"	Yht.
Syksyn sademäärä [mm]	-	0.877	0.725	0.803
Routaantumisaika 0.5 m–1.0 m [vk]	-	-0.760	0.386	0.272
Talven pakkasmäärä [Kh]	-	0.755	0.855	0.911
Sulamisaika 0.25 m–0.75 m [vk]	-	0.101	0.978	0.946
Sulamiskauden sademäärä [mm]	-	0.412	0.994	1.000
Yöpakkasvrk lukumäärä keväällä [kpl]	-	0.769	-0.374	-0.260

Syksyn sademäärän jakauma pitkällä aikavälillä 1967-1996

Syksyn sademäärä					
Percentile	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
5	136.7	105.2	134.25	116.7	92.05
10	165.5	119.1	152.5	138.1	106.8
15	179	139.4	160.9	149.3	124.3
20	183.4	147	165.4	162.8	128.6
25	192	156.25	179.25	171.25	133.25
30	202.2	160.9	186.2	182.6	145.2
35	205	163.85	195.8	187.4	159.05
40	213.4	168.8	200	192.2	164.8
45	219.85	174.75	204.75	197.8	170.9
50	223.5	176.5	210	200	176
55	231.05	179.2	215.35	206.4	181.5
60	235	183	224.4	215.8	195.2
65	237.6	189.55	227.45	219.2	198.15
70	243.1	204	239.1	226.7	199.7
75	263	206.5	247.75	234	205.5
80	270	208.8	258	240.2	215.4
85	301.8	219.15	266.1	250.6	222.05
90	307.9	226.8	277.2	266.4	263.6
95	349.2	250.5	298.7	271.9	278.45
Mean	229.9	178.1	212.8	201.367	176.833
Median	223.5	176.5	210	200	176
Std dev	55.319	38.504	45.943	43.349	50.181
Range	262	175	187	164	193
Min	107	92	126	109	86
Max	369	267	313	273	279



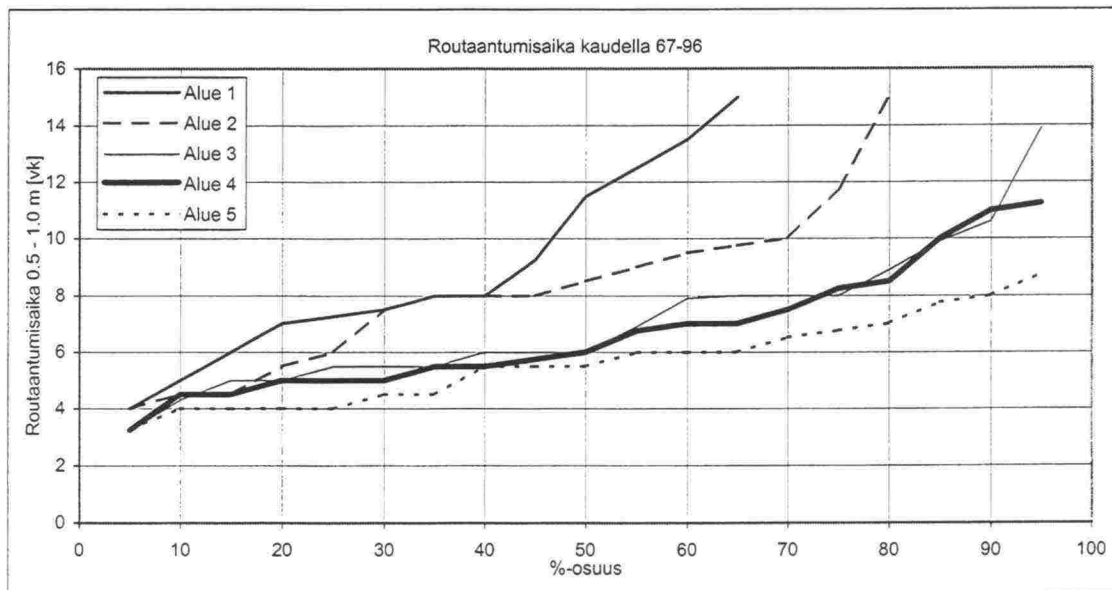
Keskimäärin joka 5 vuosi esiintyviä vähäsateisia syksyjä vastaa arvo 20 %
Keskimäärin joka 10 vuosi esiintyviä vähäsateisia syksyjä vastaa arvo 10 %

Keskimäärin joka 5 vuosi esiintyviä runsassateisia syksyjä vastaa arvo 80 %
Keskimäärin joka 10 vuosi esiintyviä runsassateisia syksyjä vastaa arvo 90 %

Arvolla 50 % esiintyvät syksyn sademäärät ovat noin joka toinen vuosi esiintyviä

Routaantumisaajan jakauma pitkällä aikavälillä 1967-1996

Routaantumisaika					
Percentile	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
5	4	4	3.2	3.25	3.25
10	5	4.5	4.3	4.5	4
15	6	4.5	5	4.5	4
20	7	5.5	5	5	4
25	7.25	6	5.5	5	4
30	7.5	7.5	5.5	5	4.5
35	8	8	5.5	5.5	4.5
40	8	8	6	5.5	5.5
45	9.25	8	6	5.75	5.5
50	11.5	8.5	6	6	5.5
55	12.5	9	6.9	6.75	6
60	13.5	9.5	7.9	7	6
65	15	9.75	8	7	6
70	15	10	8	7.5	6.5
75	15	11.75	8	8.25	6.75
80	15	15	8.9	8.5	7
85	15	15	9.9	10	7.75
90	15	15	10.6	11	8
95	15	15	13.9	11.25	8.75
Mean	10.741	9.155	7.093	6.707	5.655
Median	11.5	8.5	6	6	5.5
Std dev	4.055	3.694	2.657	2.313	1.599
Range	11.5	11	11.5	8.5	6
Min	3.5	4	3	3	3
Max	15	15	14.5	11.5	9



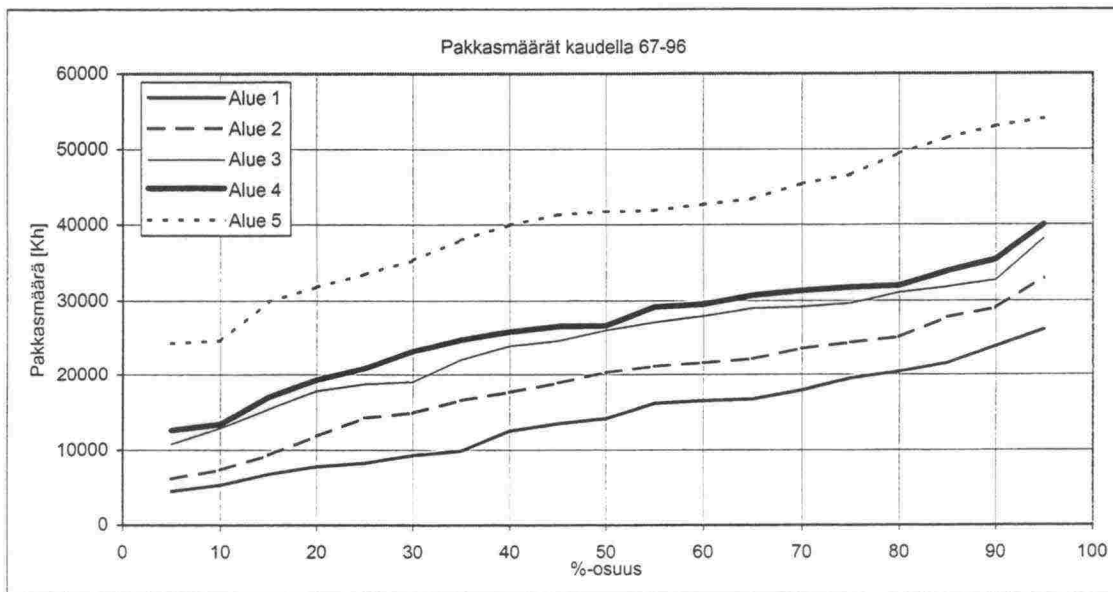
Keskimäärin joka 5 vuosi nopeasti jäätyvän soratierakenteen routaantumisaikaa vastaa arvo 20 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi nopeasti jäätyvän soratierakenteen routaantumisaikaa vastaa arvo 10 %

Keskimäärin joka 5 vuosi hitaasti jäätyvän soratierakenteen routaantumisaikaa vastaa arvo 80 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi hitaasti jäätyvän soratierakenteen routaantumisaikaa vastaa arvo 90 %

Arvolla 50 % esiintyvät routaantumisaajat ovat noin joka toinen vuosi esiintyviä

Talven pakkasmäärän jakauma pitkällä aikavälillä 1967-1996

Talven pakkasmäärä					
Percentile	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
5	4397	6049.4	10789	12614.5	24330
10	5237	7284	12864	13380	24715
15	6726	9304.5	15363.5	16950	29844
20	7776	11810	17779	19234	31766
25	8242.5	14211.5	18673	20867	33486.5
30	9286	14870	19001	23293	35287
35	9874	16476	22090.5	24840	37979
40	12537	17597	24017	25922	39986
45	13496	18796.5	24715	26601.5	41329
50	14148	20251	26076	26690	41772
55	16082.5	21138	27149	29137	41897
60	16462	21602	27926	29520	42682
65	16684.5	22180	28984.5	30671	43434
70	17830	23596	29131	31274	45372
75	19448.5	24449	29641.5	31721	46615
80	20380	25130	31034	31927	49392
85	21607.5	27758.5	31769	33872	51475
90	23957	28961	32671	35371	53054
95	26201	32996	38117	40026	54130.5
Mean	14245.931	19235.166	24658.034	26593.483	40450.552
Median	14148	20251	26076	26690	41772
Std dev	6530.722	7562.735	7515.606	7564.755	8881.239
Range	23340	28029	29398	28694	29858
Min	4133	6010	10327	11916	24312
Max	27473	34039	39725	40610	54170



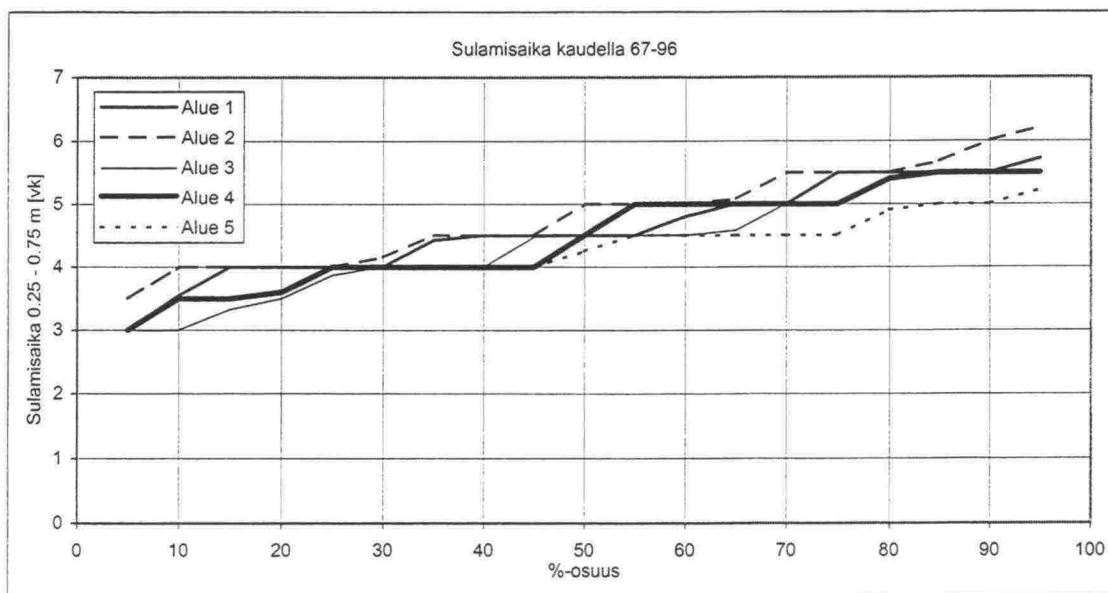
Keskimäärin joka 5 vuosi esiintyviä leutoja talvia vastaa arvo 20 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi esiintyviä leutoja talvia vastaa arvo 10 %

Keskimäärin joka 5 vuosi esiintyviä kylmiä talvia vastaa arvo 80 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi esiintyviä kylmiä talvia vastaa arvo 90 %

Arvolla 50 % esiintyvät talven pakkasmäärät ovat noin joka toinen vuosi esiintyviä.

Sulamisajan jakauma pitkällä aikavälillä 1967-1996

Sulamis aika Percentile	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
5	3	3.5	3	3	3.5
10	3.55	4	3	3.5	4
15	4	4	3.325	3.5	4
20	4	4	3.5	3.6	4
25	4	4	3.875	4	4
30	4	4.15	4	4	4
35	4.425	4.5	4	4	4
40	4.5	4.5	4	4	4
45	4.5	4.5	4.475	4	4
50	4.5	5	4.5	4.5	4.25
55	4.5	5	4.5	5	4.5
60	4.8	5	4.5	5	4.5
65	5	5.075	4.575	5	4.5
70	5	5.5	5	5	4.5
75	5.5	5.5	5	5	4.5
80	5.5	5.5	5.4	5.4	4.9
85	5.5	5.675	5.5	5.5	5
90	5.5	6	5.5	5.5	5
95	5.725	6.225	5.725	5.5	5.225
Mean	4.6	4.833	4.383	4.467	4.333
Median	4.5	5	4.5	4.5	4.25
Std dev	0.77	0.802	0.858	0.798	0.479
Range	3	3	3	2.5	2
Min	3	3.5	3	3	3.5
Max	6	6.5	6	5.5	5.5



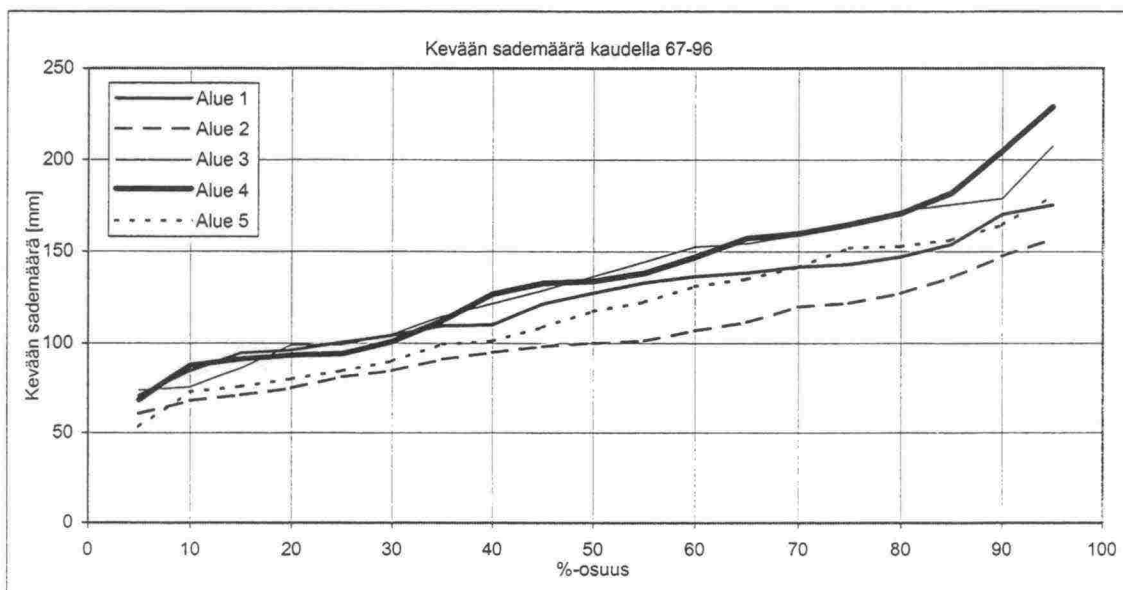
Keskimäärin joka 5 vuosi hitaan sulamisajan omaavia soratierakenteita vastaa arvo 80 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi hitaan sulamisajan omaavia soratierakenteita vastaa arvo 90 %

Keskimäärin joka 5 vuosi nopeasti sulavia soratierakenteita vastaa arvo 20 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi nopeasti sulavia soratierakenteita vastaa arvo 10 %

Arvolla 50 % esiintyvät roudan sulamisajat ovat noin joka toinen vuosi esiintyviä

Kevään sademäärän jakauma pitkällä aikavälillä 1967-1996

Kevään sademäärä					
Percentile	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
5	70.05	60.1	73	67.75	53.05
10	84	67.2	74.7	87.2	72.1
15	94.3	70.3	85.55	90.95	74.95
20	96	74	99	93.2	79.2
25	100.5	80.25	99	94	84
30	104.2	84	104.9	100.9	89.7
35	109.55	90.8	114.65	112.35	99.4
40	110	94.8	121.6	126.8	101
45	121.4	97.9	128.75	132.75	108.6
50	127.5	100	136.5	134	117.5
55	133.15	101.2	144.4	138.3	122.4
60	136.6	106.8	152.6	147	131.2
65	138.45	111.35	154.3	157.3	135.15
70	141.7	119.7	158.8	159.7	141.6
75	143.25	121.75	163.5	164.75	152
80	147.2	127.2	172.2	171	152.8
85	153.95	135.8	175.75	182.15	156.4
90	170.4	147.3	179	204.6	164.4
95	175.6	156.8	207.55	229.15	180.55
Mean	123.967	102.633	134.367	136.9	116.567
Median	127.5	100	136.5	134	117.5
Std dev	29.556	27.808	39.603	45.028	37.248
Range	116	100	156	190	155
Min	64	59	73	65	36
Max	180	159	229	255	191



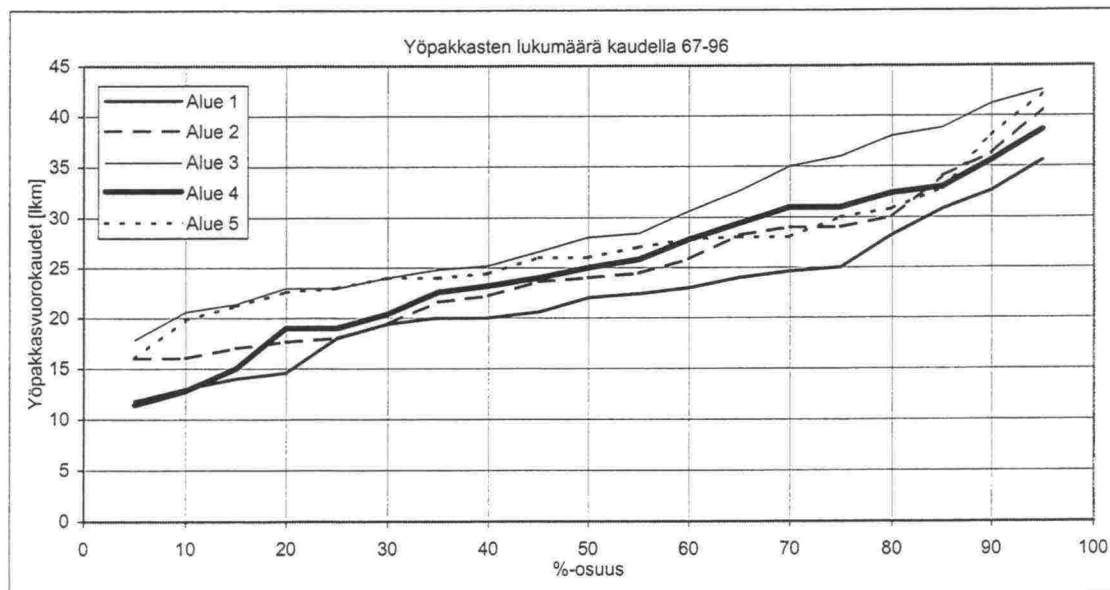
Keskimäärin joka 5 vuosi esiintyviä vähäsateisia keväitä vastaa arvo 20 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi esiintyviä vähäsateisia keväitä vastaa arvo 10 %

Keskimäärin joka 5 vuosi esiintyviä runsassateisia keväitä vastaa arvo 80 %
 Keskimäärin joka 10 vuosi esiintyviä runsassateisia keväitä vastaa arvo 90 %

Arvolla 50 % esiintyvät kevään sademäärät ovat noin joka toinen vuosi esiintyviä

Yöpakkasvuorokausien lukumäärän jakauma pitkällä aikavälillä 1967-1996

Yöpakkasvrk lkm					
Percentile	Alue 1	Alue 2	Alue 3	Alue 4	Alue 5
5	11.8	16	17.8	11.4	16
10	13	16	20.6	12.8	19.8
15	14	17	21.4	15	21.2
20	14.6	17.6	23	19	22.6
25	18	18	23	19	23
30	19.4	19.4	24	20.4	24
35	20	21.6	24.8	22.6	24
40	20	22.2	25.2	23.2	24.4
45	20.6	23.6	26.6	24	26
50	22	24	28	25	26
55	22.4	24.4	28.4	25.8	27
60	23	25.8	30.6	27.8	27.8
65	24	28.2	32.6	29.4	28
70	24.6	29	35	31	28
75	25	29	36	31	30
80	28.2	30	38	32.4	30.8
85	30.8	34	38.8	33	32.8
90	32.6	36.2	41.2	35.6	38
95	35.6	40.6	42.6	38.6	42.2
Mean	22.111	24.926	29.37	25.148	26.963
Median	22	24	28	25	26
Std dev	6.693	7.211	7.54	7.764	6.394
Range	25	27	26	28	31
Min	11	16	17	11	14
Max	36	43	43	39	45



Keskimäärin joka 5 vuosi vähän yöpakkasia sisältäviä keväitä vastaa arvo 20 %

Keskimäärin joka 10 vuosi vähän yöpakkasia sisältäviä keväitä vastaa arvo 10 %

Keskimäärin joka 5 vuosi runsaasti yöpakkasia sisältäviä keväitä vastaa arvo 80 %

Keskimäärin joka 10 vuosi runsaasti yöpakkasia sisältäviä keväitä vastaa arvo 90 %

Arvoilla 50 % esiintyvät sulamiskauden pakkasöiden lukumäärät ovat noin joka toinen vuosi esiintyviä

**Runkokelirikkovaurioisten soratiekohtien lukumäärä ja pituus tiepiireittäin
kevään 1996 inventointien perusteella :**

Taulukko 1. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 1 vuonna 1996.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	0.6	1.4	0.3	0.2	0	0.7	0	8.9	12.1
Minimipituus [m]	55	40	310	150	-	300	-	17	17
Maksimipituus [m]	274	400	310	150	-	380	-	3400	3400
Lukumäärä [kpl]	4	11	1	1	0	2	0	23	42
Pituus -25 % [m]	66	80	-	-	-	-	-	110	100
Pituus -50 % [m]	125	110	-	-	-	-	-	200	150
Pituus -75 % [m]	243	120	-	-	-	-	-	300	300
Keskiarvo [m]	145	123	310	150	-	340	-	388	286

Taulukko 2. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 2 vuonna 1996.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	1.4	29.2	1.3	16.0	2.4	60.7	2.1	41.7	154.8
Minimipituus [m]	10	20	40	5	30	30	10	15	5
Maksimipituus [m]	200	650	104	2050	1200	2280	500	4600	4600
Lukumäärä [kpl]	20	276	18	79	7	224	14	130	768
Pituus -25 % [m]	33	50	58	15	50	108	50	95	60
Pituus -50 % [m]	50	80	65	30	300	180	100	160	107
Pituus -75 % [m]	104	120	93	270	400	306	218	346	210
Keskiarvo [m]	68	106	71	202	347	271	149	321	201

Taulukko 3. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 3 vuonna 1996.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	48.4	64.3	75.7	38.4	104.9	183.2	35.5	33.7	584.1
Minimipituus [m]	10	10	10	8	15	10	10	15	8
Maksimipituus [m]	450	1360	1400	1290	8546	4440	1080	1470	8546
Lukumäärä [kpl]	661	534	777	266	320	831	376	187	3952
Pituus -25 % [m]	30	50	50	34	60	70	20	58	50
Pituus -50 % [m]	50	100	80	82	120	110	50	103	90
Pituus -75 % [m]	90	150	100	179	260	228	100	210	150
Keskiarvo [m]	73	120	97	145	328	220	94	180	148

**Runkokelirikkovaurioisten soratiekohtien lukumäärä ja pituus tiepiireittäin
kevään 1997 inventointien perusteella:**

Taulukko 4. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 1 vuonna 1997.

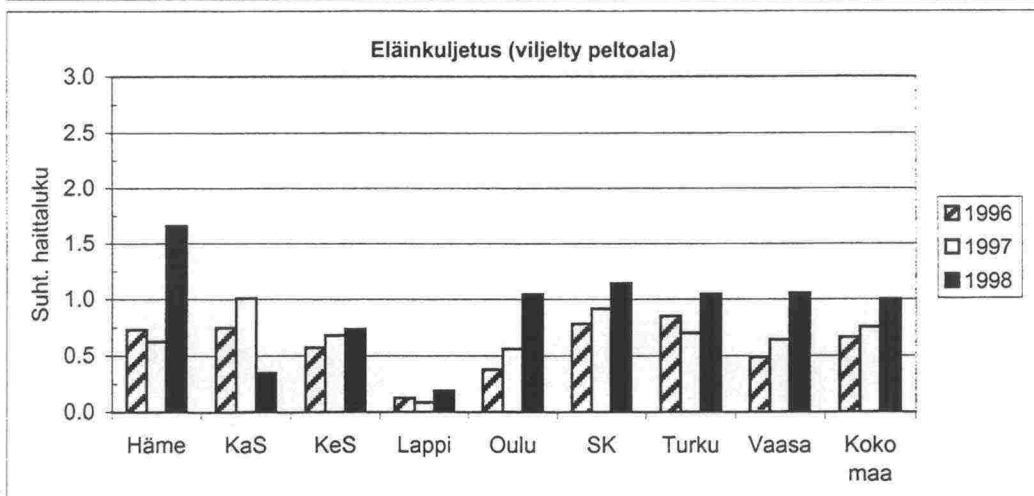
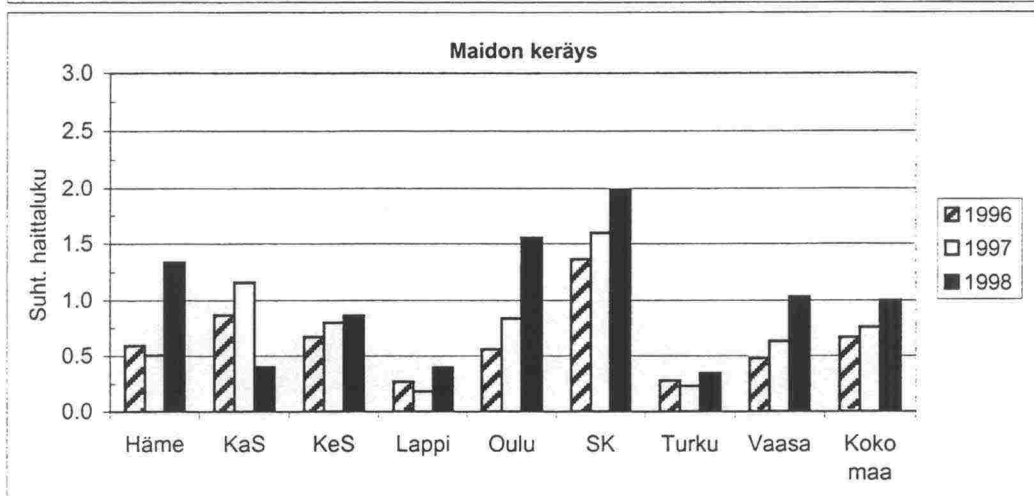
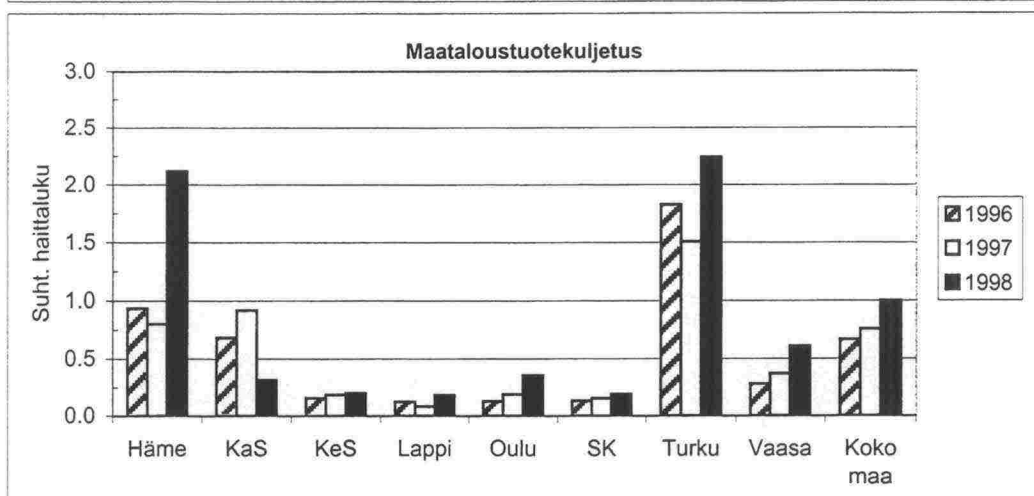
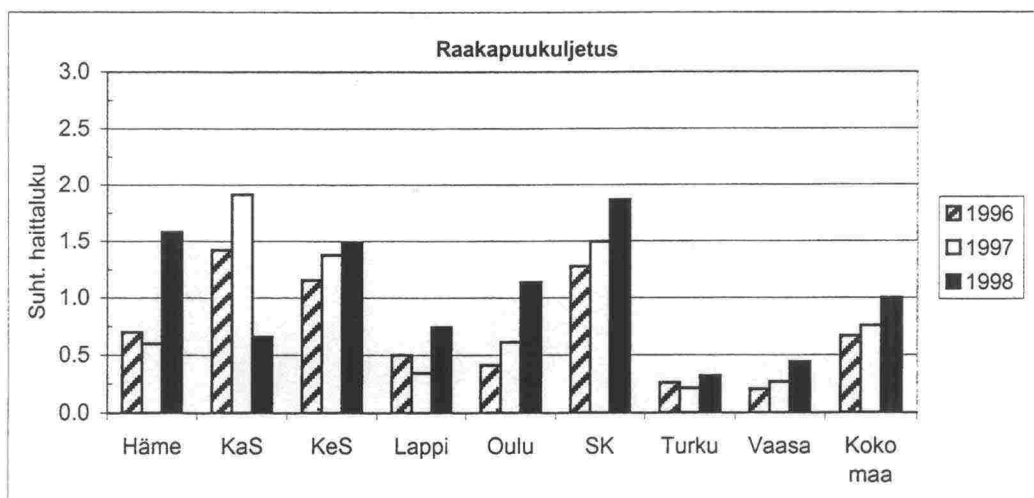
Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	0	1.7	0.1	0.6	0.1	0.8	0	11.8	15.1
Minimipituus [m]	-	70	10	250	49	40	-	40	10
Maksimipituus [m]	-	550	50	370	49	290	-	1485	1485
Lukumäärä [kpl]	0	7	2	2	1	6	0	46	64
Pituus -25 % [m]	-	83	-	-	-	51	-	97	81
Pituus -50 % [m]	-	195	-	-	-	110	-	150	145
Pituus -75 % [m]	-	385	-	-	-	185	-	343	336
Keskiarvo [m]	-	243	30	310	49	126	-	257	235

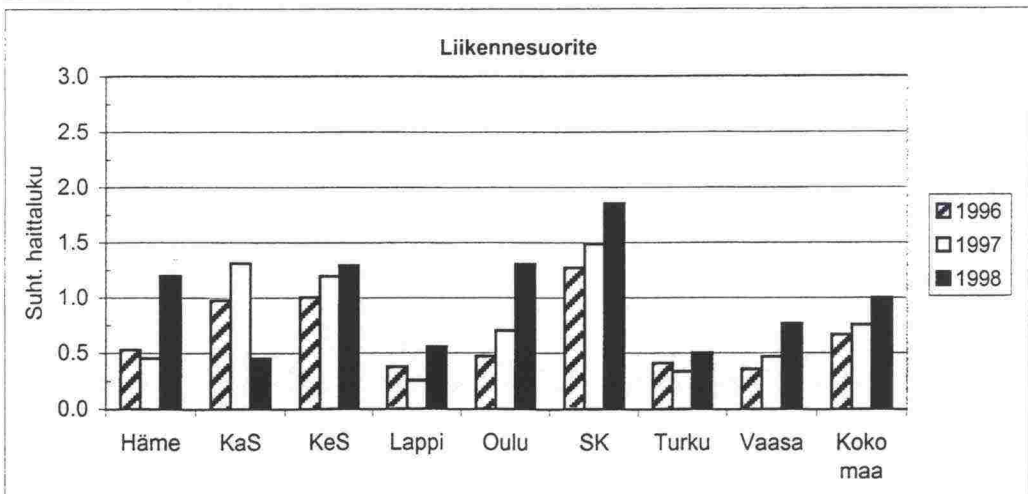
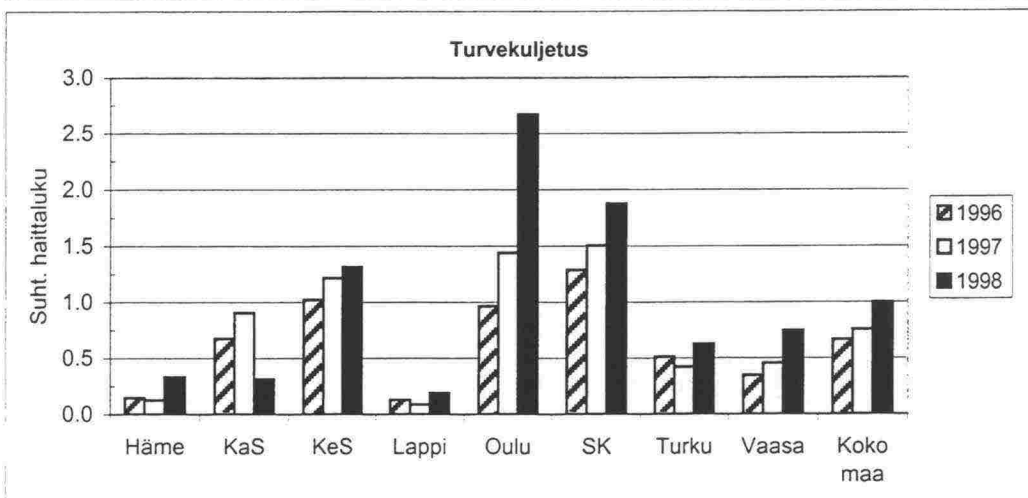
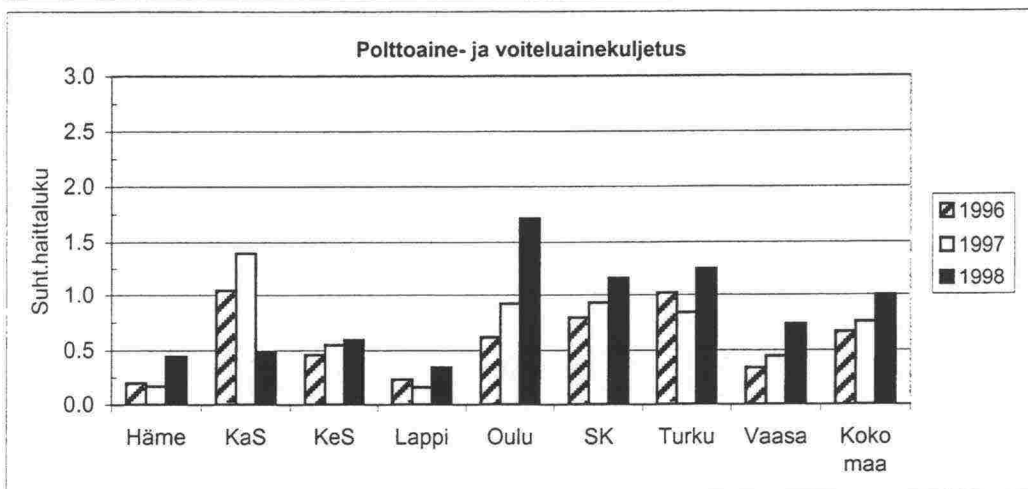
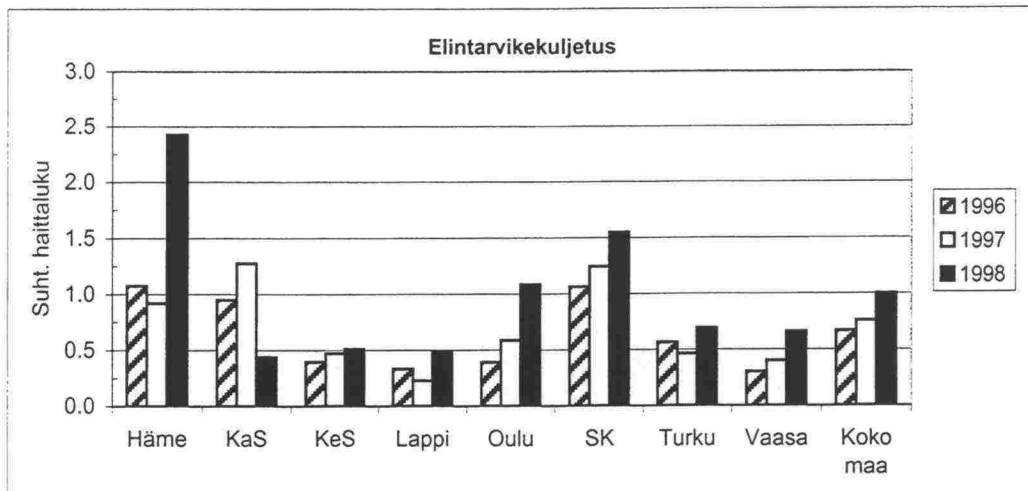
Taulukko 5. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 2 vuonna 1997.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	2.7	18.4	1.1	20.4	3.7	57.4	0.3	193.7	297.7
Minimipituus [m]	20	10	30	10	12	10	310	3	3
Maksimipituus [m]	230	600	200	2000	652	3592	310	7690	7690
Lukumäärä [kpl]	42	183	12	80	33	279	1	447	1077
Pituus -25 % [m]	40	50	50	80	36	70	-	80	60
Pituus -50 % [m]	50	80	100	130	58	120	-	150	110
Pituus -75 % [m]	85	130	104	295	113	230	-	310	240
Keskiarvo [m]	65	100	95	256	111	206	310	433	276

Taulukko 6. Runkokelirikon vauriokohtien jakautuminen vaurioluokassa 3 vuonna 1997.

Vauriokohtien jakautuminen	Häme	KaS	KeS	Lappi	Oulu	SK	Turku	Vaasa	Yht.
Yhteispituus [km]	56.2	181.5	127.1	66.0	47.0	119.8	49.7	81.7	729.0
Minimipituus [m]	5	10	10	6	2	10	5	3	2
Maksimipituus [m]	994	4140	1700	3000	2042	6500	1635	6040	6500
Lukumäärä [kpl]	561	1399	1077	193	447	859	372	210	5118
Pituus -25 % [m]	40	40	40	60	40	50	30	80	40
Pituus -50 % [m]	70	70	80	150	71	100	70	155	80
Pituus -75 % [m]	108	140	142	490	131	150	160	353	150
Keskiarvo [m]	100	130	118	342	105	139	134	389	142





Runkokelirikkovaurioiden vaikeuskertoimien määrittäminen

Lähtöarvot ja laskennan tulokset

Tiepiiri	1998						
	VL ₁	VL ₂	VL ₃	SS	SS _p	V _k	V _{k98}
Häme	24	196	306	526	1234	2.346	1.040
KaS	4	47	64	115	276	2.400	1.064
KeS	14	85	180	279	604	2.165	0.959
Lappi	3	18	80	101	170	1.683	0.746
Oulu	4	72	228	304	540	1.776	0.787
SK	7	151	277	435	923	2.122	0.940
Turku	17	53	115	185	429	2.319	1.028
Vaasa	46	96	101	243	761	3.132	1.388
Yhteensä	119	718	1351	2188	4937	2.256	1.000
Tiepiiri	1997						
	VL ₁	VL ₂	VL ₃	SS	SS _p	V _k	V _{k98}
Häme	0	20	108	128	188	1.469	0.651
KaS	4	69	214	287	514	1.791	0.794
KeS	2	8	175	185	219	1.184	0.525
Lappi	3	13	31	47	101	2.149	0.952
Oulu	1	20	124	145	210	1.448	0.642
SK	4	91	227	322	615	1.910	0.846
Turku	0	1	80	81	84	1.037	0.460
Vaasa	15	70	39	124	409	3.298	1.462
Yhteensä	29	292	998	1319	2340	1.774	0.786
Tiepiiri	1996						
	VL ₁	VL ₂	VL ₃	SS	SS _p	V _k	V _{k98}
Häme	3	12	136	151	202	1.338	0.593
KaS	9	75	149	233	503	2.159	0.957
KeS	1	12	147	160	201	1.256	0.557
Lappi	1	24	45	70	147	2.100	0.931
Oulu	0	4	82	86	98	1.140	0.505
SK	2	51	186	239	402	1.682	0.745
Turku	0	10	97	107	137	1.280	0.567
Vaasa	10	36	35	81	239	2.951	1.308
Yhteensä	26	224	877	1127	1929	1.712	0.759

Tiekohtaiset toimenpidetarpeet, tarkastelun lähtöarvot kunnittain

Kuntien runkokelirikkoisten sorateiden liikennemäärät ja pituudet

Vihanti, runkokelirikkoisten sorateiden pituudet ja liikennemäärät			
Tienumero	Soratien pituus [m]	KVL	KVL _{rask}
18319	11498	86	13
18319	11498	137	14
18543	10843	53	1
18543	10843	60	1
18544	7263	61	2
18544	7263	79	2
18544	7263	91	4
18549	10188	62	9
18549	10188	116	9
18550	6188	99	11
18558	12804	76	1

Kuusamo, runkokelirikkoisten sorateiden pituudet ja liikennemäärät			
Tienumero	Soratien pituus [m]	KVL	KVL _{rask}
843	17802	90	5
843	17802	164	16
843	17802	247	25
8670	35033	37	2
8670	35033	82	4
8670	35033	83	2
8670	35033	155	6
8670	35033	372	15
8671	8969	45	3
8690	12451	82	6
8691	12292	86	5
8693	25724	152	6
8693	25724	188	8
8693	25724	279	11
9471	7606	177	16
18843	8527	97	11
18845	18133	30	4
18845	18133	64	8
18849	17155	84	4
18850	11161	66	6
18852	6631	56	16
18862	6820	52	4
18871	15166	39	2
18871	15166	42	2
18873	5612	19	1
18876	25401	51	3
18876	25401	73	6
18876	25401	129	19
18876	25401	137	14
18877	6895	61	3
18877	6895	98	5
18879	7000	39	2
18880	22317	100	5
18880	22317	117	6
18880	22317	132	7
18880	22317	162	8
18887	7216	91	5
18888	25073	16	1
18888	25073	43	3
18896	11232	215	19

Karvia, runkokelirikkoisten sorateiden pituudet ja liikennemäärät			
Tienumero	Soratien pituus [m]	KVL	KVL _{rask}
2700	13129	101	18
6700	5184	140	18
13247	6552	68	12
13297	13128	109	9
13301	3877	167	18
13301	3877	79	14
13303	6603	51	2
13305	7904	71	2
13307	5931	75	3
13309	13299	71	7
13309	13299	121	9
13309	13299	174	12
13309	13299	271	18
13313	5502	105	7

Yläne, runkokelirikkoisten sorateiden pituudet ja liikennemäärät			
Tienumero	Soratien pituus [m]	KVL	KVL _{rask}
12542	12107	40	4
12542	12107	96	9
12542	12107	131	13
12551	11360	59	4
12551	11360	127	16
12553	12517	65	5
12553	12517	103	8
12555	12760	69	6
12555	12760	116	?
12557	5288	74	1
12557	5288	98	1
12557	5288	132	3
12571	8457	48	3
12571	8457	135	12
12573	8411	131	6
12573	8411	173	8

Petäjävesi, runkokelirikkoisten sorateiden pituudet ja liikennemäärät			
Tienumero	Soratien pituus [m]	KVL	KVL _{rask}
607	21429	197	22
607	21429	235	14
6271	12755	102	9
16539	19746	54	1
16539	19746	71	1
16597	15949	101	6
16605	10093	88	5
16611	9822	136	5
16673	9250	78	2
16675	14406	123	1
16677	8738	56	2
16679	10867	82	1
16681	6471	138	26

Jämsä, runkokelirikkoisten sorateiden pituudet ja liikennemäärät			
Tienumero	Soratien pituus [m]	KVL	KVL _{rask}
3291	24282	98	15
14329	3718	86	34
16543	21872	68	11
16543	21872	134	4
16547	10557	119	7
16555	11192	89	10
16556	1497	212	11
16557	4705	183	7
16561	6866	54	11
16565	4694	72	12
16567	8171	136	5
16569	6107	190	6
16571	9846	81	5
16573	14405	61	5
16573	14405	150	12
16573	14405	588	47
16575	9476	79	4
16577	3496	99	6
16581	4259	184	17
16583	20370	98	4
16583	20370	166	12

Kuntien väestöön ja elinkeinotoimintaan liittyvät tilastokeskuksen tiedot 17/

Väestö- ja elinkeinotoiminta						
	Vihanti	Kuusamo	Karvia	Yläne	Petäjävesi	Jämsä
Asukastiheys [as/km ²]	8.0	3.2	6.4	6.5	7.7	16.2
Asuinrakennuksia [kpl]	1 173	4 483	1 137	897	1 248	3 266
Asuinrakennuksia / yleiset tiet [kpl]	7.2	4.2	6.7	6.3	8.2	11.8
Yrityksiä / 1000 as. [kpl]	38.8	41.7	50.1	43.3	41.2	45.2
Peltopinta-ala [ha]	3 970	5 590	7 105	4 720	2 984	6 140
Maatiloja / 1000 as. [kpl]	62.9	27.4	149.0	104.5	78.2	35.9
Alkutuotannon työ- paikkojen osuus [%]	27.8	16.3	44.1	38.2	27.3	8.6

Tiekohtaiset toimenpidetarpeet, tarkastelun tulokset

Runkokelirikosta aiheutuvat haitat tiekohtaisessa tarkastelussa

Tarkastelu- alue	Vihanti, haittasumma						
	Vaurio- luokka Max 6	KVL Max 6	KVL _{rask} Max 6	Soratien pituus Max 3	Väestö ja asuminen Max 4	Elinkeino- toiminta Max 4	Haitta- summa Max 21/ 29
18319	4	3	3	2	1	2	12 (15)
18543	4	2	1	2	1	2	9 (12)
18544	4	3	2	1	1	2	10 (13)
18549	4	3	3	2	1	2	12 (15)
18550	4	3	3	1	1	2	11 (14)
18558	1	2	1	2	1	2	6 (9)

Tarkastelu- alue	Kuusamo, haittasumma						
	Vaurio- luokka Max 6	KVL Max 6	KVL _{rask} Max 6	Soratien pituus Max 3	Väestö ja asuminen Max 4	Elinkeino- toiminta Max 4	Haitta- summa Max 21/ 29
843	1	4	5	2	0	1	12 (13)
8670	1	5	4	3	0	1	13 (14)
8671	1	2	2	1	0	1	6 (7)
8690	1	3	2	2	0	1	8 (9)
8691	1	3	2	2	0	1	8 (9)
8693	1	4	3	3	0	1	11 (12)
9471	4	4	4	1	0	1	13 (14)
18843	1	3	3	1	0	1	8 (9)
18845	1	2	3	2	0	1	8 (9)
18849	1	3	2	2	0	1	8 (9)
18850	1	2	2	2	0	1	7 (8)
18852	1	2	4	1	0	1	8 (9)
18862	1	2	2	1	0	1	6 (7)
18871	4	2	1	2	0	1	9 (10)
18873	1	1	1	1	0	1	4 (5)
18876	1	3	4	3	0	1	11 (12)
18877	1	3	2	1	0	1	7 (8)
18879	1	2	1	1	0	1	5 (6)
18880	1	4	3	3	0	1	11 (12)
18887	1	3	2	1	0	1	7 (8)
18888	4	2	2	3	0	1	11 (12)
18896	1	4	4	2	0	1	11 (12)

Tarkastelu- alue	Karvia, haittasumma						
	Vaurio- luokka Max 6	KVL Max 6	KVL _{rask} Max 6	Soratien pituus Max 3	Väestö ja asuminen Max 4	Elinkeino- toiminta Max 4	Haitta- summa Max 21/ 29
2700	1	3	4	2	1	4	10 (15)
6700	1	3	4	1	1	4	9 (14)
13247	1	2	3	1	1	4	7 (12)
13297	4	3	3	2	1	4	12 (17)
13301	4	4	4	0	1	4	12 (17)
13303	1	2	1	1	1	4	5 (10)
13305	1	2	1	1	1	4	5 (10)
13307	1	2	3	1	1	4	7 (12)
13309	1	4	4	2	1	4	11 (16)
13313	1	3	2	1	1	4	7 (12)

Tarkastelu- alue	Yläne, haittasumma						
	Vaurio- luokka Max 6	KVL Max 6	KVL _{rask} Max 6	Soratien pituus Max 3	Väestö ja asuminen Max 4	Elinkeino- toiminta Max 4	Haitta- summa Max 21/ 29
12542	1	2	2	2	1	4	7 (12)
12551	4	2	3	2	1	4	11 (16)
12553	1	2	2	2	1	4	7 (12)
12555	4	2	1	2	1	4	9 (14)
12557	1	2	1	1	1	4	5 (10)
12571	4	2	2	1	1	4	9 (14)
12573	4	2	2	1	1	4	9 (14)

Tarkastelu- alue	Petäjävesi, haittasumma						
	Vaurio- luokka Max 6	KVL Max 6	KVL _{rask} Max 6	Soratien pituus Max 3	Väestö ja asuminen Max 4	Elinkeino- toiminta Max 4	Haitta- summa Max 21/ 29
607	6	4	4	3	1	2	17 (20)
6271	1	3	3	2	1	2	9 (12)
16539	4	2	1	2	1	2	9 (12)
16597	4	3	2	2	1	2	11 (14)
16605	1	3	2	2	1	2	8 (11)
16611	4	3	2	1	1	2	10 (13)
16673	6	2	1	1	1	2	10 (13)
16675	4	3	1	2	1	2	10 (13)
16677	6	2	1	1	1	2	10 (13)
16679	4	3	1	2	1	2	10 (13)
16681	4	3	5	1	1	2	14 (17)

Tarkastelu- alue	Jämsä, haittasumma						
	Vaurio- luokka Max 6	KVL Max 6	KVL _{rask} Max 6	Soratien pituus Max 3	Väestö ja asuminen Max 4	Elinkeino- toiminta Max 4	Haitta- summa Max 21/ 29
3291	4	3	4	3	2	0	14 (16)
14329	1	3	5	0	2	0	9 (11)
16543	4	3	3	3	2	0	13 (15)
16547	6	3	2	2	2	0	13 (15)
16555	1	3	3	2	2	0	9 (11)
16556	1	4	3	0	2	0	7 (9)
16557	1	4	2	1	2	0	8 (10)
16561	6	2	3	1	2	0	12 (14)
16565	1	2	3	1	2	0	6 (8)
16567	6	3	2	1	2	0	12 (14)
16569	4	4	2	1	2	0	11 (13)
16571	4	3	2	1	2	0	10 (12)
16573	1	6	6	2	2	0	15 (17)
16575	4	2	2	1	2	0	9 (11)
16577	1	3	2	0	2	0	6 (8)
16581	1	4	4	1	2	0	10 (12)
16583	4	4	3	3	2	0	14 (16)

Tielaitoksen haittaindeksit Jämsän kunnassa olevilla runkokelirikkoisilla sorateilla (tiekohtainen tarkastelu).

Tielaitoksen haittaindeksit runkokelirikkoisille sorateille lasketaan kaavalla

$$HI = \sum [(65\% \times A + 35\% \times B) \times KVL]$$

missä, A = tieosan runkokelirikkokohtien yhteispituus [km]
 B = runkokelirikkaisen tieosan pituus [km]
 KVL = tieosan KVL:n pituudella painotettu keskiarvo

Tielaitoksen haittaindeksit ja niiden määrittäminen esitetään alla olevassa taulukossa. Lisäksi taulukossa esitetään vastaavat Soratiestön runkokelirikko -projektin yhteydessä määritetyt soratiekohtaiset liikenteelliset haittasummat (Max 21) ja myös väestö- ja elinkeinotoiminnan vaikutuksen huomioon ottavat haittasummat (Max 29).

Soratie numero	Tielaitoksen menetelmä				Haittasumma	
	A [km]	B [km]	KVL [ajon/vrk]	Tielaitoksen haittaindeksi	Max 21	Max 29
3291	2.242	24.282	98	976	14	16
14329	0.48	3.718	86	139	9	11
16543	7.393	21.872	92	1153	13	15
16547	1.7	10.557	119	571	13	15
16555	1.45	11.192	91	444	9	11
16556	0.11	1.497	212	126	7	9
16557	0.92	4.705	183	411	8	10
16561	3.27	6.866	54	245	12	14
16565	1.29	4.694	72	179	6	8
16567	1.46	8.171	136	518	12	14
16569	3.495	6.107	190	838	11	13
16571	2.41	14.092	81	406	10	12
16573	2.723	14.405	241	1831	15	17
16575	3.1	9.476	79	421	9	11
16577	1.36	3.496	99	209	6	8
16581	0.57	4.259	184	342	10	12
16583	5.32	20.37	98	1038	14	16

ISSN 0788-3706
ISBN 951-726-546-8
TIEL 3100021